

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MACHINE DESIGN

## ODLITKY V TECHNICKÉ DOKUMENTACI

FOUNDRY IN TECHNICAL DOCUMENTATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

PETR FIŠER

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. FRANTIŠEK PROKEŠ

BRNO 20010



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Děkanát

Akademický rok: 2009/2010

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Petr Fišer

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Odlitky v technické dokumentaci**

v anglickém jazyce:

### **Foundry in technical documentation**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem bakalářské práce je podat přehled současného stavu v oblasti tvorby technické dokumentace odlitků a modelování odlitků, doplněný vymezením trendů budoucího vývoje

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat:

1. Přehled současného stavu poznání.
2. Formulaci řešeného problému a jeho technickou a vývojovou analýzu.
3. Vymezení cílů práce.
4. Návrh metodického přístupu k řešení.
5. Návrh variant řešení a výběr optimální varianty.
6. Konstrukční řešení.
7. Závěr - konstrukční, technologický a ekonomický rozbor řešení.

Forma bakalářské práce: průvodní zpráva, technická dokumentace.

Typ BP: konstrukční

Účel zadání: edukační

Seznam odborné literatury:

SHIGLEY, J. E., MISCHKE, Ch. R., BUDYNAS, R. G. Konstruování strojních součástí. Překlad  
7. vydání (McGraw Hill 2004), 2008, 1300 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. František Prokeš

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 19.11.2009

L.S.

---

0  
Ředitel ústavu

---

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Vytvořená bakalářská práce je zaměřena na tvorbu výkresové dokumentace odlitek. Prezentuje základní pravidla vytváření výkresové dokumentace, přehled o typech používaných výkresů a také uvádí jejich formální náležitosti. Práce je především určena pro studenty prvních ročníků VUT FSI k doplnění podkladů k zadanému projektu odlitek. Součástí této práce je také sada nových zadání úloh určených pro studenty.

### **Klíčová slova:**

odlitky, normy odlitek, výkresová dokumentace, počítačové modelování

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis deals with design documentation of foundry. It presents the basic rules of making design documentation, listing of used types of documentation and all their formal belongings. It's foremost determined to complete the basic knowledge of first year students VUT FSI with assigned project Foundry. Set of new problems is also part of this thesis.

### **Key words:**

foundry, foundry standard, design documentation, computer modeling

### **Bibliografická citace:**

Fišer, P. Odlitky v technické dokumentaci. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 41s. Vedoucí bakalářské práce Ing. František Prokeš.

---



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

---

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně za použití uvedené literatury pod vedením pana Ing. Františka Prokeše.

V Brně dne 21. května 2010

.....  
Petr Fišer





## PODĚKOVÁNÍ

---

Děkuji především vedoucímu mé bakalářské práce, panu Ing. Františku Prokešovi za cenné odborné rady a náměty. Dále bych rád poděkoval své rodině a přátelům za podporu při tvorbě této práce.

---



**OBSAH**

---

<b>Obsah .....</b>	<b>11</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>12</b>
<b>1 Přehled současného stavu poznání.....</b>	<b>13</b>
1.1 Výkresová dokumentace odlitků .....	13
1.2 Modelování odlitků .....	14
<b>2 Formulace řešeného problému a jeho technická a vývojová analýza.....</b>	<b>15</b>
2.1 Stav norem pro slévárnictví .....	15
2.2 Vývojová analýza .....	15
<b>3 Vymezení cílů práce.....</b>	<b>16</b>
<b>4 Návrh metodického přístupu k řešení .....</b>	<b>17</b>
4.1 Druhy technologie výroby a typy jejich výkresové dokumentace .....	17
4.2 Výhody a nevýhody odlitků .....	18
4.3 Kritéria pro stanovení technologie výroby .....	18
<b>5 Návrh variant řešení a výběr optimální varianty .....</b>	<b>19</b>
5.1 Druhy výkresů u odlitků .....	19
5.1.1 Výkres součásti jejímž polotovarem je odlitek .....	19
5.1.2 Výkres odlitku .....	20
5.2 Technologické zásady při navrhování odlitků.....	23
5.2.1 Volba stupně přesnosti odlitku, použité technologie lití .....	23
5.2.2 Tloušťky stěn .....	25
5.2.3 Zaoblení a přechody stěn, poloměry vnitřních zaoblení.....	25
5.2.4 Připojování stěn, výztuh .....	27
5.2.5 Slévárenské úkopy .....	28
5.2.6 Předlité díry a vybrání .....	30
5.2.7 Stanovení přídavek na obrábění .....	31
5.2.8 Mezní úchytky rozměrů a tvarů u odlitků .....	32
5.2.9 Konstrukční opatření k minimalizaci vnitřního pnutí .....	33
<b>6 Konstrukční řešení .....</b>	<b>35</b>
<b>7 Závěr – konstrukční, technologický a ekonomický rozbor řešení .....</b>	<b>36</b>
<b>8 Seznam použitých zdrojů.....</b>	<b>37</b>
<b>9 Seznam použitých zkratk, symbolů a veličin.....</b>	<b>38</b>
<b>10 Seznam obrázků a grafů .....</b>	<b>39</b>
<b>11 Seznam tabulek.....</b>	<b>40</b>
<b>12 Seznam příloh .....</b>	<b>41</b>

---

## ÚVOD

Odlévání patří k nejstarším druhům zpracování kovových materiálů. Archeologické nálezy potvrzují, že již ve starém Egyptě byly známy základní technologie slévárenství. V té době se odlitky používaly především k výrobě jednoduchých nástrojů, částí zbraní (např. ostří šípů) a také v neposlední řadě k výrobě uměleckých předmětů. Slévárenství se rozšířilo společně se vznikem prvních palných zbraní v 15. století, kdy sloužovalo předně k výrobě hlavní děl a také v 18. a 19. století společně s velkým rozvojem průmyslu [8].

Odlitky jsou polotovary, ale i finální výrobky zhotovené formou lití roztaveného kovu do předem připravené formy. Obvykle se funkční plochy obrábí. Nejčastěji se používá forma písková, popřípadě může být zhotovena i z jiných materiálů, podle druhu technologie zhotovení odlitku. Formy mohou být trvalé nebo netrvalé, zrovna tak i modely mohou být trvalé nebo netrvalé. Odlitky lze zhotovovat z železných i neželezných kovů, avšak tyto kovy musí být slévateľné. Nejčastěji je používána šedá litina, která je vhodná především pro zatížení tlakem a je také schopna efektivně tlumit vibrace. S velkou výhodou se proto používají odlitky ze šedé litiny ke zhotovování podstavců (stolů) nejrůznějších obráběcích strojů a také ke zhotovování odlitků převodových skříní převodovek [1]. Dalšími materiály, které jsou vhodné na použití ve slévárenství, jsou temperovaná litina, tvárná litina, ocel na odlitky, slitiny mědi, hliníku, hořčíku, zinku, některé plasty, druhy skla apod. [2]. Mezi nejčastěji používané druhy výroby odlitků ve slévárenství zcela jistě patří lití do pískových forem, dále se pak používá především pro vyšší kvalitu odlitku lití formou vytavitelného modelu, lití do skořepin a tlakové lití do trvalých forem.

Bakalářská práce je zpracována na základě národních (ČSN) norem. Měla by pomoci studentům prvního ročníku správně pochopit základní problematiku tvorby výkresové dokumentace odlitků.

## 1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

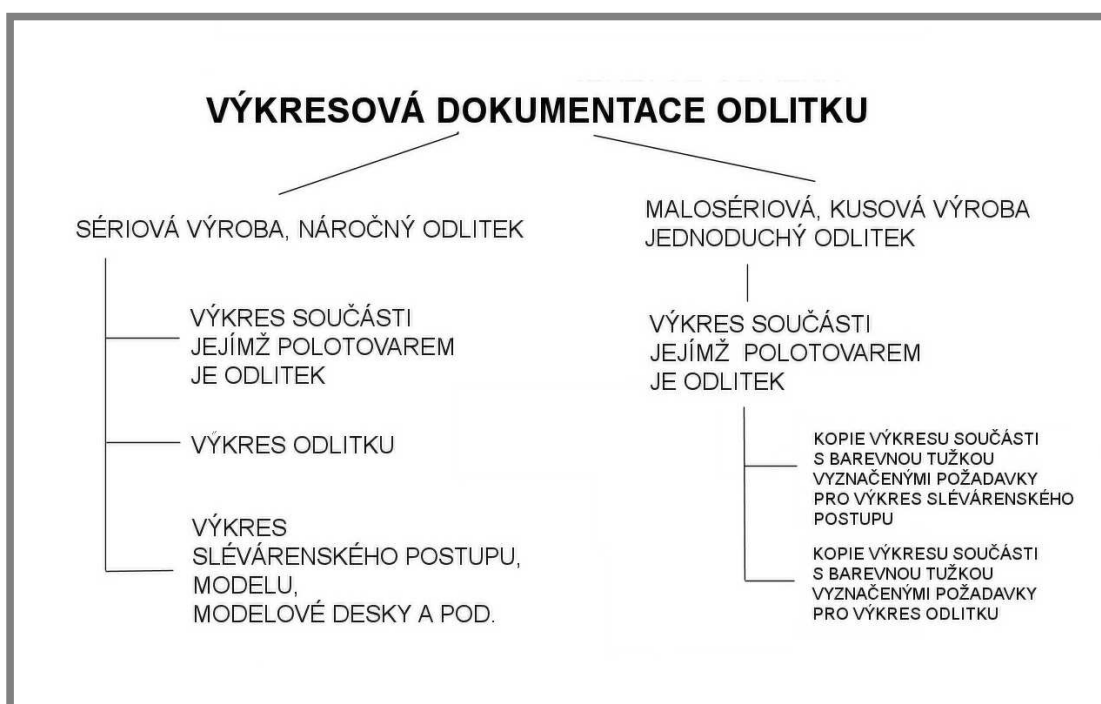
1

Technickou dokumentaci odlitků lze kreslit klasicky 2D (např. AutoCad), nyní se však stále častěji používají 3D programy, které tuto činnost usnadňují. Mezi nejpoužívanější 3D modeláře patří Autodesk Inventor, Solid works a Catia.

### 1.1 Výkresová dokumentace odlitků

1.1

Možnosti zpracování výkresové dokumentace a jednotlivé druhy používaných výkresů jsou uvedeny na následujícím obr. 1-1.



Obr. 1-1 Přehled možností zpracování výkresové dokumentace u odlitků [1].

Podrobnosti týkající se kreslení jednotlivých výkresů jsou uvedeny v kapitole 5. Studenti předmětu Konstruování v prvním ročníku VUT FSI, kteří mají vytvářet program „odlitek“, budou kreslit výkres součásti jejímž polotovarem je odlitek a výkres odlitku dle zadání uvedeného v Návodě pro konstrukční cvičení. Nové varianty takového zadání jsou také součástí této práce.

## **1.2 Modelování odlitků**

Pro modelování součástí jejichž polotovarem je odlitek se nejčastěji používají 3D programy jako Autodesk Inventor, Catia a SolidWorks. Jejich společnou výhodou oproti klasickému 2D navrhování strojírenské součásti jejímž polotovarem je odlitek je názornost a možnost si trojrozměrný model v počítači natočit do požadované polohy, což usnadňuje prohlédnout si jakoukoliv část navrhované součásti. Další nespornou výhodou těchto programů je, že lze vymodelovanou součást vkládat do větších konstrukčních celků – sestav, díky čemuž lze snadno odhalovat případné konstrukční kolize s ostatními součástmi sestavy, popřípadě si udělat lepší představu o celkovém vzhledu a rozložení konstrukčního celku. Částečnou nevýhodou je, že alespoň Autodesk Inventor v základním provedení nemá žádnou nádstavbu určenou výhradně pro navrhování součástí jejichž polotovarem je odlitek, nicméně i v základním modelování pomocí „součásti.ipt“ lze docela dobře takovouto součást navrhnout a posléze ji přepracovat na odlitek [7].

## 2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA

---

**2**

### 2.1 Stav norem pro slévárnictví [15]

---

**2.1**

Pro odlitky je vyhrazena třída norem 04. V této třídě jsou obsaženy všechny potřebné části pro správné vytváření odlitků. Jsou zde zaznamenány podkategorie jako: 0400 všeobecné slévárnictví, 0420 modely a příslušenství, 0423 kovové modely s příslušenstvím, 0427 zkoušení písků a slévárenských přípravků, 0428 formovací hmoty, 0440 formátování všeobecně, 0443 formátovací rámy a příslušenství, 0465 tlakové, kokilové nízkotlaké lití.

Vzhledem k tomu, že je tato bakalářská práce zaměřena na tvorbu výkresové dokumentace součásti jejímž polotovarem je odlitek, jsou v této práci použity převážně normy týkající se konstrukčního navržení takovéto součásti. U těchto norem je důležité, aby je znali a používali již konstruktéři navrhující samotný výrobek - výslednou součást. Takto lze účinně zamezit zbytečným průtahům ve výrobě, které jsou zapříčiněny problémy s technologickým zvládnutím uvést navrženou součást do výroby. Jedná se především o normy jako: Mezní úchytky rozměrů a tvarů odlitků (ČSN 01 4470) [9]; Poloměry vnitřních zaoblení odlitků ze šedé litiny (ČSN 01 4909) [10]; Slévárenské úkošy modelů a odlitků (ČSN 04 2021) [11] a Přídavky na obrábění ploch odlitků (ČSN 01 4980) [12]. Výňatky z těchto norem, důležité pro konstruktéry, jsou také obsaženy ve strojírenských tabulkách [3].

### 2.2 Vývojová analýza

---

**2.2**

Výkresová dokumentace odlitků se obvykle vytváří v programech typu AutoCad, nebo ve 3D modelářích jako jsou Autodesk Inventor, Catia, SolidWorks apod., v těchto programech se pak projektuje 3D model výrobku, z něž se posléze vytváří samotná výkresová dokumentace. Takto vytvořené výkresy se obvykle shromažďují v elektronických archívech, z nichž lze kdykoliv podle potřeby (především při zadávání do výroby) jakékoliv vytvořené výkresy plotrovat.

Dalším z možných využití 3D programů je navrhování předběžného tvaru součásti, tj. naprojektování návrhu řešení dané problematiky, který lze díky 3D vizualizaci dále snadno posuzovat. Toto je využito i při vytváření zadání určených pro studenty, kdy je mimo klasické výkresové znázornění zadané součásti použito i zobrazení třírozměrného modelu. To by mělo pomoci studentům udělat si lepší představu o tvaru a funkčnosti součásti, jejíž výkresovou dokumentaci mají zhotovit.

Velká většina 3D modelářů má mimo své základní použití i řadu doprovodných, avšak velice užitečných funkcí. Obvykle tyto programy lze použít na návrhové výpočty pro základní strojírenské součásti jako je hřídel, pero, ozubené soukolí, klínové řemeny, šroubový spoj apod.. U výkresové dokumentace pak lze vytvářet elektronické kusovníky, kdy jsou tyto programy schopny samy, z dat získaných z použitých součástí, vytvořit v sestavě kusovník. Neposlední výhodou těchto programů je možnost přenášení vytvořených dat do dalších aplikací a vytvářet tak animované prezentace, či tisknout vytvořené součásti v 3D tiskárnách jako je Rapid prototyping.

### 3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE

Tato bakalářská práce je především určena pro studenty prvního ročníku na VUT FSI v Brně, ke snazšímu zvládnutí problematiky správného vytváření výkresové dokumentace odlitků. Měla by jim usnadnit orientaci v základních problémech řešených při navrhování součástí jejichž polotovarem je odlitek. Jelikož v prvním ročníku se studenti teprve seznamují s problematikami jednotlivých technologií výroby jako je například odlitek, výkovek, součást zhotovená plošným tvářením, nebo svarek, je potřeba studenty seznámit s takovými informacemi, aby byli schopni samostatně a správně takovou součást navrhnout. Proto je vhodné jim dát alespoň základní seznam potřebných úkonů a opatření, které je třeba při navrhování odlitku dodržovat, aby se mohli studenti v dané problematice snadno orientovat a byli tak schopni správně vytvořit úlohy, které jim budou zadány. Jedná se především o správné navržení technologických či konstrukčních úkosů, přídavek na obrábění, dodržení minimální tloušťky stěn, správné volby zaoblení, připojování stěn – žeber a podobně.

Cílem této bakalářské práce je vytvořit sadu zadání pro tvorbu výkresové dokumentace součástí, jejichž polotovarem je odlitek a samotných odlitků těchto součástí pro studenty prvních ročníků předmětu Konstruování na VUT FSI v Brně. Každé zadání je složeno z výkresu výrobku jehož polotovarem je odlitek se zakótovanými důležitými rozměry (ostatní míry si studenti vhodně zvolí dle svých znalostí), 3D modelu a tabulky, která obsahuje několik verzí číselných hodnot pro daný náskres součásti. Jedná se tedy o několik možností zadání jedné úlohy. Dalším cílem této bakalářské práce je ukázat současný stav ve tvorbě výkresové dokumentace odlitků a také nastínit možný směr vývoje výkresové dokumentace do budoucnosti.



## 4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ

4

### 4.1 Druhy technologie výroby a typy jejich výkresové dokumentace

4.1

Strojní součásti se obvykle dají zhotovit různými způsoby použité technologie, avšak především dle charakteru použití upřednostňujeme určitý způsob výroby polotovaru. Výrobky lze zhotovovat jako jeden kus např. pomocí odlévání, lisování, či obrábění. Nebo jako sestavu vytvořenou z více jednotlivých kusů spojených do sebe pomocí svařování, pájení, šroubování, nýtování, nebo lepení [6].

#### Nejpoužívanější polotovary:

Odlitky se nejčastěji používají v případech, kdy je součást velmi tvarově náročná, není těžce dynamicky namáhána a vyrábí se větší série. K jejich nesporným výhodám patří úspora materiálu a času v porovnání s výrobky obráběnými. Nevýhodami jsou především obvykle nutné dodatečné obrábění funkčních částí odlitku na přesný rozměr (nyní se již používají i poměrně přesné metody jako tlakové lití a metoda vytavitelného modelu) a možnost vzniku výrobních vad ve formě bublin a staženin. Další podmínkou je, že použitý materiál musí být slévateľný. Základní výkresovou dokumentaci tvoří výkres součásti jejímž polotovarem je odlitek, výkres odlitku a poté výkresy slévářského postupu, modelu, modelové desky [1,4].

Výkovek je polotovar, který vznikne přetvářením ohřátého výchozího polotovaru zápusťovým nebo volným kováním. Výkovky se na rozdíl od odlitků ze šedé litiny používají především u značně dynamicky namáhaných součástí jako jsou ojnice, ozubená kola, vahadla ventilů. Jejich výhodou jednoznačně je, že na rozdíl od obráběných součástí u výkovků nedochází k porušování tzv. vláken materiálu, ale naopak dochází v určitých místech součásti k jejich zhutňování, což má za následek větší pevnost součásti. Mezi nevýhody patří především to, že výkovek nemůže být příliš členitý. Základní výkresovou dokumentaci tvoří výkres součásti jejímž polotovarem je výkovek, výkres výkovku a výkresová dokumentace zápusťek, případně jiných kovacích nástrojů a pomůcek [1].

Svár se vytváří mezi jednotlivými součástmi pomocí tepla, tlaku, nebo kombinací obou těchto variant. Je to spojování vhodně připravených dílců ze svařitelných materiálů v jeden celek – svařenec. Výhodou je snadné použití (dostupnost) technologie, nevýhodou možnost vzniku pnutí ve svarech a také nutnost použití svařitelných materiálů. Základní výkresovou dokumentaci svarku tvoří výkres svarku pro svařování a výkres svarku pro obrábění (při sériové výrobě a u složitých svarků), nebo výkres svarku pro svařování a obrábění (kusová výroba a jednoduché svarky), výkresy součástí složitějších dílců svarku se zpravidla kreslí v kusové i sériové výrobě [1].

## 4.2 Výhody a nevýhody odlitků

Výhody odlitků:

- schopnost vyrábět tvarově velmi složité výrobky za relativně krátký výrobní čas;
- oproti třískovému obrábění velká úspora materiálu;
- u sériové výroby úspora času oproti třískovému obrábění;
- u metod jako tlakové lití, či vytavitelný model poměrně dobrá přesnost.

Nevýhody odlitků:

- horší mechanické vlastnosti;
- nákladnější počáteční investice, vhodné použití především u sériové výroby;
- Nutnost vytvoření modelů vyráběné součásti;
- Možnost výskytu vad v podobě bublin, staženin, trhlin za tepla, prasklin, nezaběhnutí, či přesazení [2];

## 4.3 Kritéria pro stanovení technologie výroby

Při navrhování správné technologie výroby pro danou součást musíme především brát v úvahu její tvar, členitost, materiál z jakého má být vytvořena a v neposlední řadě i to, jakou bude plnit u výrobku funkci [5].

Pro jednodušší součásti je vhodné používat hutní polotovary, které se následně obrábí. Odlitek je vhodný pro tvarově náročné součásti, které ovšem nejsou příliš dynamicky namáhány. S výhodou se používá u staticky tlakově namáhaných součástí jako jsou například stojany obráběcích strojů, kde mimo jiné (pokud je ze šedé litiny) slouží i jako tlumení vibrací. Naopak pro velmi dynamicky namáhané součásti, které jsou jednodušších tvarů, je nejvhodnější volbou výkovek, který má nejlepší pevnostní vlastnosti a dynamické zatížení snáší nejlépe. Pro součásti, které jsou tvarově náročné, popř. je u nich požadavek, aby byly zhotoveny z více druhů materiálů se jako nejlepší řešení jeví svařování, popř. u méně namáhaných součástí lepení, nýtování či pájení [1,6].

## 5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY

---

**5**

**Ve slévárenství zpravidla tvoří výkresovou dokumentaci pro odlité součásti:**

- a) výkres součásti jejímž polotovarem je odlitek
- b) výkres odlitku
- c) výkres slévárenského postupu, modelu, modelové desky a pod.

Používají se dva způsoby zpracování výkresové dokumentace, přičemž záleží především na zvyklostech konkrétní slévárny, kterou verzi upřednostňuje. Obecně platí, že při velkosériové, či hromadné výrobě a složitém odlitku se vypracují všechny tři podklady samostatně. Při malosériové nebo kusové výrobě a jednoduchém odlitku se vypracovává výkres součásti, jejímž polotovarem je odlitek, na jehož kopiích se vyznačí barevnými tužkami požadavky pro výkres odlitku a případně i pro výkres slévárenského postupu. Výkres součásti, jejímž polotovarem je odlitek, má význam prioritní a musí být vypracován vždy [1]!

### 5.1 Druhy výkresů u odlitků

---

**5.1**

#### 5.1.1 Výkres součásti jejímž polotovarem je odlitek [1]

---

**5.1.1**

Příklad takového výkresu je na obr.5-1

Výkres musí obsahovat:

- Všechny tvary a údaje pro rozměry vzniklé třískovým obráběním i odléváním (např. otvory, tloušťky stěn a výztuh, jejich tvar, poloměry zaoblení, ale bez požadavků na výkres odlitku atd. ). Funkční obráběné plochy se kótují včetně tolerancí rozměrů, drsností povrchu a GT.
- Označení všech ploch, určených k obrábění značkami drsnosti povrchu, aby se zřetelně odlišily plochy, které zůstanou neobroběny a které se musí obrábět. Proto se značí značkou drsnosti i plochy, které se běžně na součástech vyrobených z tvářených polotovarů neoznačují (např. otvory a zahloubení pro šrouby, někdy i sražení hran apod.). drsnost povrchu se ale nemusí předepsat u těch normalizovaných tvarových prvků, u kterých je zřejmé, že nemohou být zhotoveny odléváním a jejichž drsnost je předepsána příslušnými ČSN (např. středící důlky, technologické zápichy, závity apod.). celková drsnost se uvádí zpravidla neobroběno, je-li to požadováno s uvedením číselné hodnoty Ra.
- Zakótování konstrukčních úkosů ( $\alpha > 2^\circ$ ). Technologické úkosy se nekótují.
- Vyznačení místa pro označení odlitku, které se zakreslí tenkou plnou čarou na ploše, která nebude obráběna.

- Údaje uvedené v technických požadavcích nad popisovým polem v pořadí sledu operací:
  - Předepíše se požadovaná přesnost odlitých ploch, které zůstanou neobrobeny. Pro odlitky z železných i neželezných kovů určuje mezní úchylky rozměrů odlitků a dovolené nerovnosti v závislosti na technologii lití ČSN 01 4470. Stupeň přesnosti odlitku udává doplňková číslice za číslem normy. Příklad označení v 5.stupni přesnosti: PŘESNOST ODLITKU ČSN 01 4470.5- Stejně poloměry zaoblení se nemusí kótovat v obrazech. Je-li to účelné, lze je předepsat společným zápisem, např. takto: NEKÓTOVANÉ POLOMĚRY R5.
  - Předpis požadovaného tepelného zpracování v souladu s funkcí, velikostí a materiálem odlitku. Odlitky ze šedé litiny se zpravidla žíhají na snížení pnutí a na zlepšení obrobitelnosti.
  - Předpis o čištění odlitku ( opískování, tryskání apod.).
  - Předpis o konečné povrchové úpravě (zpravidla ochranný nátěr, je-li požadován).
  - Je-li to účelné, uvedou se další technicko-přejímací podmínky, např. požadavky na těsnost odlitku, místo pro hodnocení struktury apod.
- Organizační údaje, přesnost ISO 2768, tolerování ISO 8015, metoda promítání, údaje o materiálu atd. se uvedou v popisovém poli. Místo rozměru polotovaru se uvede číslo modelu, např. Č.M. 22/98.

---

### 5.1.2 Výkres odlitku [1]

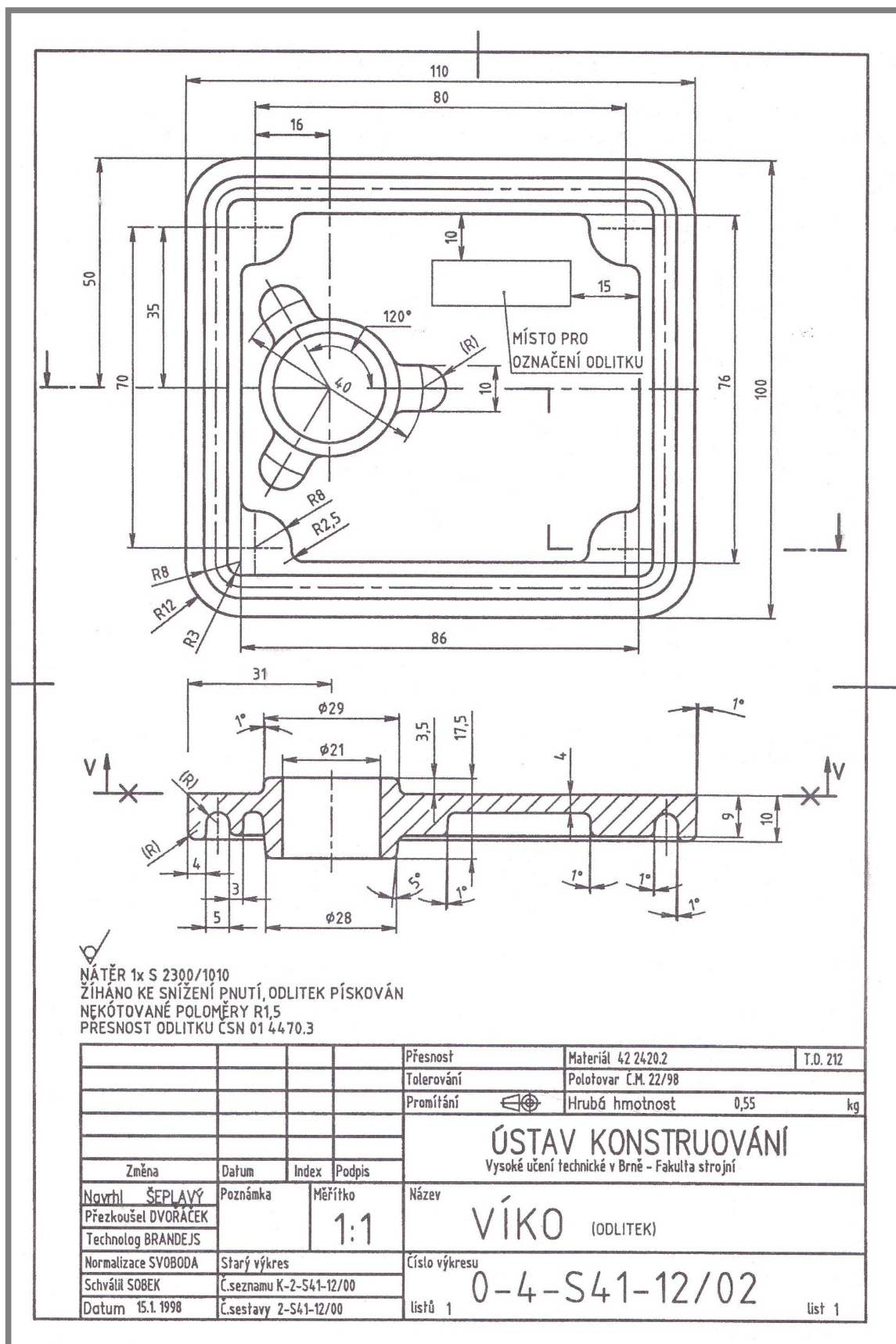
Příklad takového výkresu je uveden na Obr.5-2.

Výkres musí obsahovat:

- Všechny údaje a rozměry potřebné pro zhotovení odlitku včetně přídavek na obrábění a rozměrů předlitých otvorů.
- Předepsání celkové drsnosti – neobrobena, zpravidla bez číselné hodnoty Ra. Ta pak odpovídá stupni přesnosti odlitku.
- Zakótování konstrukčních ( $\alpha > 2^\circ$ ) i technologických úkosů ( $\alpha < 2^\circ$ ).
- Vyznačení místa pro označení odlitku a dělicí roviny s písmenem V a šipkou k vršku formy.
- Údaje uvedené v technických požadavcích nad popisovým polem. Zpravidla se shodují s údaji na výkrese součásti jejímž polotovarem je odlitek s tím rozdílem, že se neuvádí údaje, které se vztahují k obrábění odlitku a k operacím, které po obrábění následují.
- Organizační údaje, údaje o materiálu. Odlitek má stejný název jako hotová součást, do závorky pod název se uvede (ODLITEK). Číslo výkresu je také stejné; před číslo se uvede písmeno “O”.







## 5.2 Technologické zásady při navrhování odlitků

5.2

---

Základní konstrukční pravidla (konstrukční zásady) lze shrnout takto [2]:

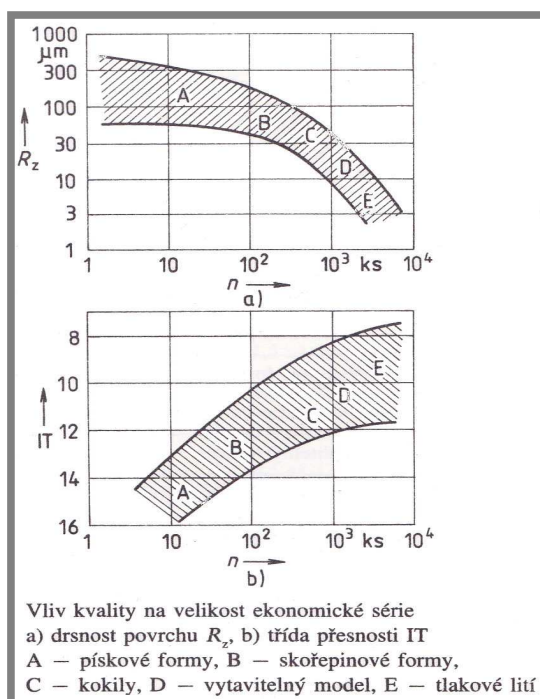
- Volit vhodný materiál odlitku se zřetelem na funkční, technologické a ekonomické požadavky.
- Odlitek má mít hladké, jednoduché tvary o stejnoměrné tloušťce stěn.
- Odlitek nemá mít ostré úhly a hrany, je nutno volit správné zaoblení.
- Různé tloušťky stěn mají být spojeny pozvolnými přechody.
- V jednom místě se má spojovat co nejméně stěn.
- Odlitek má být navržen tak, aby vnitřní pnutí nezpůsobilo vznik trhlin.
- Tloušťky stěn se mají ve směru k předpokládaným nálitkům zvětšovat.
- Správně volit přídavky na obrábění.
- Odlitek navrhnout tak, aby se model dal vyjmout z formy – pamatovat na úkosity a technologické přídavky.
- Vnitřní stěny odlitku chladnou mnohem pomaleji než stěny vnější. Vnitřní stěny se proto volí 0,7 až 0,9 tloušťky vnější stěny.
- Pokud není nutné, nemá mít odlitek výčnělky a osazení, protože zvětšují hromadění kovu, podporují vliv nebezpečných přechodů a trhlin, zhrubnutí zrna a ztěžují smršťování odlitků.

### 5.2.1 Volba stupně přesnosti odlitku, použité technologie lití

5.2.1

---

Konstrukce odlitku je vedle jeho funkce dána i specifickými vlastnostmi použité slévárenské technologie. Volba použité technologie a velikost ekonomické série je ovlivněna požadovanou rozměrovou přesností a kvalitou povrchu. Dosažitelné parametry odlitků z jednotlivých technologií jsou závislé na použitém materiálu, velikosti a tvaru odlitku. Pro běžné použití ze slévárenských technologií jsou nejrozšířenější pískové formy, do kterých se odlévá přes 90% litinových odlitků [4]. Vliv kvality na velikost ekonomické série viz Obr. 5-3, obvyklé stupně přesnosti pro jednotlivé druhy technologií ve slévárenství udává norma ČSN 01 4470 [9] (viz Tab. 5-1).



Obr. 5-3 Vliv kvality na velikost ekonomické série [4].

Tab. 5-1 Zařazení odlitků do jednotlivých stupňů přesností [3,9].

Zařazení odlitků do jednotlivých stupňů přesnosti podle použité technologie

Technologie	Stupeň přesnosti odlitku						Materiál odlitku		
	1	2	3	4	5	6	neželezné kovy	litiny	ocel
Vytavitelné modely	+	+	+				+	+	+
Kovové formy	+	+	+				+	+	+
Odstředování	+	+	+				+	+	+
Formy zhotovené lisováním vyššími tlaky	+	+	+	+			+	+	+
Skořepiny		+	+				+	+	
Keramické formy		+	+	+			+	+	+
Odstředivé lití do kovových forem		+	+	+	+		+	+	
Odstředivé lití do pískových forem		+	+	+	+		+	+	+
Formovací směsi tuhnoucí zastudena			+	+	+		+	+	+
CT směsi			+	+	+		+	+	+
Pískové formy, strojní formování			+	+	+		+	+	+
Pískové formy, ruční formování				+	+		+	+	+
Ztekucené formovací směsi				+	+		+	+	+
Spalitelné modely					+		+	+	+
Formování na šablonu a částečný model					+	+	+	+	+



### 5.2.2 Tloušťky stěn

Nejmenší tloušťka stěny odlitku musí zaručit úplné vyplnění formy kovem. Závisí na odlévaném materiálu, lící teplotě, rozměrech a tvaru odlitku, na druhu a kvalitě slévárenské formy a na plnicím tlaku kovu. Z technologického hlediska je často třeba volit tloušťku větší než je nezbytně nutné z hlediska pevnosti. Zvlášť nebezpečné jsou rozsáhlé tenké vodorovné stěny, kde se proud kovu při lití rozděluje, rychle chladne a kde mohou vzniknout vady typu nezaběhnutí nebo zavalenin (studené spoje) [4]. Doporučené minimální hodnoty tlouštěk stěn pro jednotlivé druhy materiálů, které jsou používány u odlitků, jsou stanoveny normou (viz Tab.5-2).

**Tab. 5-2** Doporučené tloušťky stěn odlitků [3].

Doporučené tloušťky stěn odlitků		Rozměry v mm		
Materiál odlitků	Odlitky			
	lehké	střední	těžké	
šedá litina	3 až 6	6 až 10	10 až 20	
ocel na odlitky	6 až 8	10 až 12	15 až 20	
temperovaná litina	2,5 až 4	6 až 8	—	
neželezné kovy	3 až 5	10 až 12	15 až 20	

Rozdělení odlitků ze šedé litiny a oceli do hmotnostních tříd:

Lehké odlitky – hmotnost do 100kg

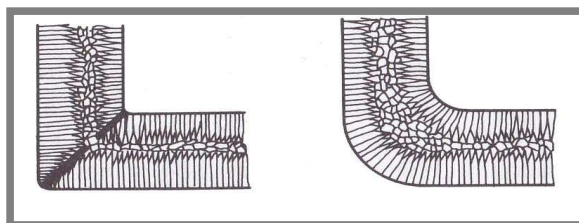
Střední odlitky – hmotnost do 1000kg

Těžké odlitky – hmotnost do 50 000kg

### 5.2.3 Zaoblení a přechody stěn, poloměry vnitřních zaoblení

Zaoblení stěn:

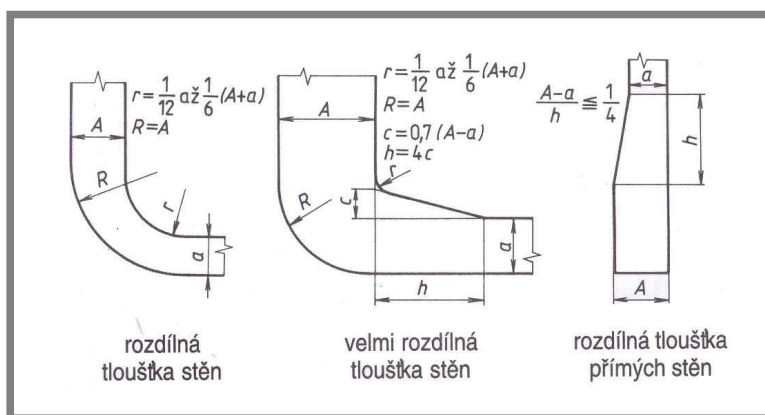
Struktura kovu vznikající chladnutím roztaveného kovu je závislá především na rychlosti chladnutí. Proto má velký význam, jaká je při odlévání použitá forma. Při použití kovové formy tavenina chladne rychle a vytváří se mnoho krystalizačních zárodků. Naopak při použití pískové formy probíhá chladnutí pomaleji a tím se tvoří málo krystalizačních zárodků, krystaly mají možnost růstu a vzniká hrubozrnná struktura. Ta je však méně pevná [2]. Lící struktura se vytváří především ve směru odvodu tepla, tedy kolmo na stěny formy (viz obr.5-4). Jak je z daného obrázku vidět, každý roh, který nemá patřičné zaoblení způsobuje nespojitost materiálu a zvyšuje tak riziko vzniku vad a tím je zde značně snížena pevnost. Pokud však má hrana patřičné zaoblení, lze tento nepříznivý jev zcela eliminovat [4].



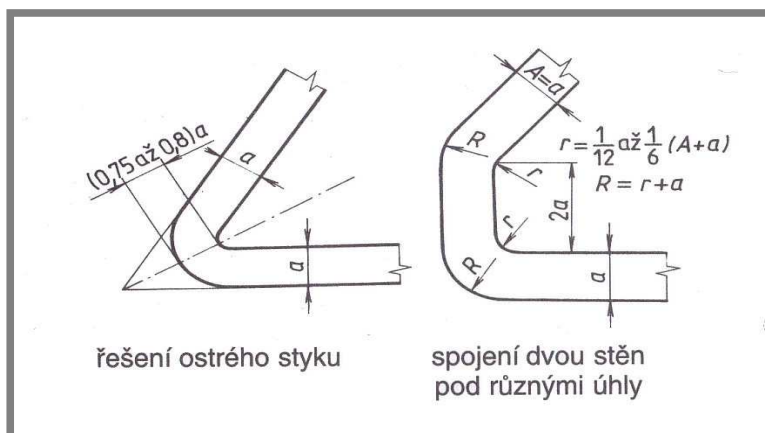
**Obr. 5-4** Vliv hrany na strukturu kovu. [2]

Přechody stěn:

Jestliže se jedná o přechod stěn do poměru 1:2, realizuje se přechod pomocí zaoblení. Pokud je poměr tloušťek stěn větší, musí se přechod realizovat pomocí tzv. klínových přechodů, které slouží k pozvolnému přechodu na jinou tloušťku stěny. Protože vnitřní části tuhnou pomaleji, ve vrcholech ostrých úhlů se volí tloušťka stěny o 20 – 25 % menší z důvodu možné tvorby tepelných uzlů. Ve zvlášť exponovaných místech se tento problém může také vyřešit pomocí dvojího zalomení stěny. [2,4] Správné použití přechodu stěn je zobrazeno na obr.5-5. Obr.5-6 zobrazuje nutné zúžení na vrcholech ostrých úhlů, popřípadě variantu možného řešení zamezení vzniku ostrého úhlu pomocí metody dvojího zalomení.



Obr. 5-5 Řešení spoje dvou stěn [2].

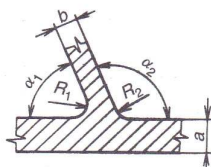


Obr. 5-6 Dvě možná řešení problematiky ostrého úhlu [2].

Poloměry vnitřních zaoblení:

Poloměry vnitřních zaoblení odlitků ze šedé litiny upravuje norma ČSN 01 4909 [10]. Zavádí se především k usnadnění výroby forem, lepšímu zatékání kovu do formy a zabraňuje tvorbě trhlin při tuhnutí. Velikost zaoblení je závislá na tloušťce spojovaných stěn a úhlu, pod kterým jsou spojeny [1]. Ukázka z normy ČSN 01 4909 je na obr.5-7, tato norma je určena pro poloměry odlitků ze šedé litiny v místě styku dvou stěn, z nichž je jedna průběžná.

ČSN 01 4909



Obr. 4

Velikost poloměru zaoblení je závislá:

- na tloušťce styčných stěn,
- na úhlu stěn.

Teoretický poloměr zaoblení se určí ze střední hodnoty tloušťky stěn  $s = \frac{a+b}{2}$ 

Rozměry v mm

Úhel $\alpha$		Teoretický poloměr zaoblení
nad	do	
45°	90°	0,5s
90°	120°	1,0s
120°	135°	1,6s

Teoretický poloměr zaoblení se zaokrouhlí na nejbližší vyšší hodnotu z řady normalizovaných poloměrů.

Řada normalizovaných hodnot poloměrů zaoblení

Rozměry v mm

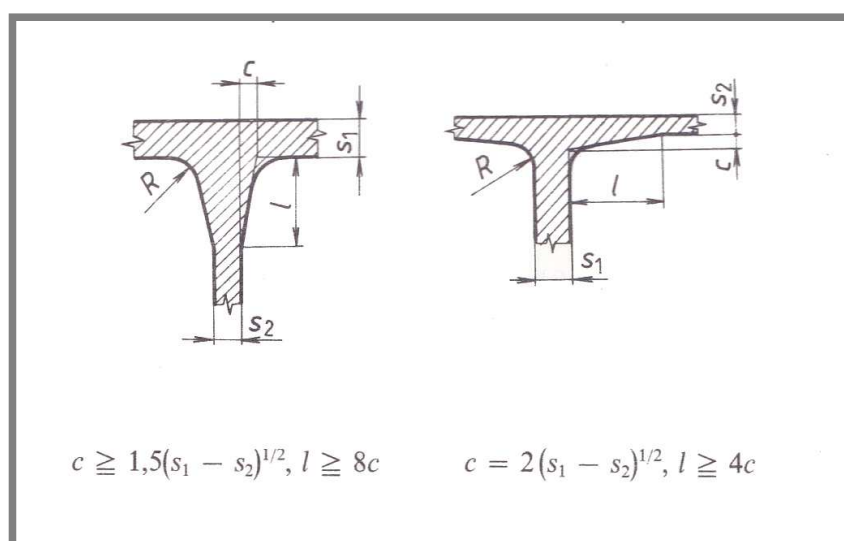
3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	40
---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----

Obr. 5-7 Poloměry vnitřních zaoblení [3,10].

### 5.2.4 Připojování stěn, výztuh

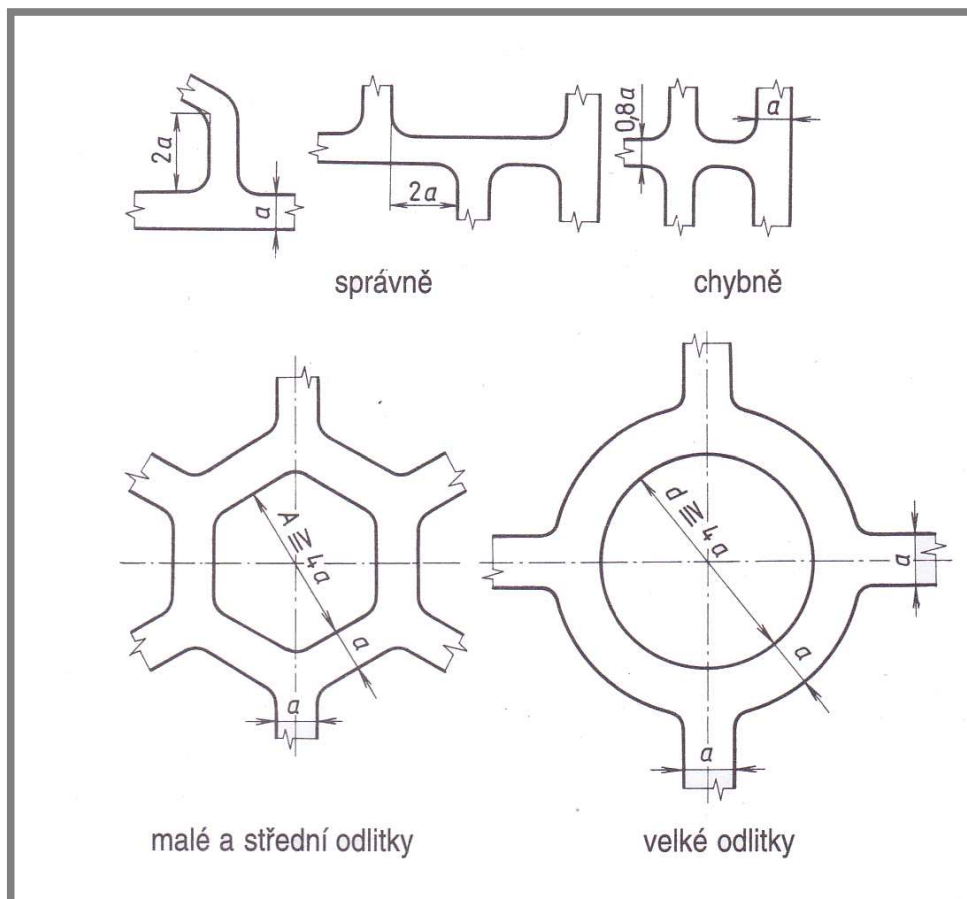
Připojované stěny by měly mít nejlépe stejnou tloušťku a být spojené pod úhlem 90°. Dovolенý maximální rozdíl tloušťek je  $S_1 : S_2 \leq 2$ . Pokud je tento poměr porušen je třeba použít plynulého přechodu stěn (viz obr.5-8 a kapitola 5.2.3 přechody stěn) [1].

5.2.4



Obr. 5-8 Připojování stěn [4].

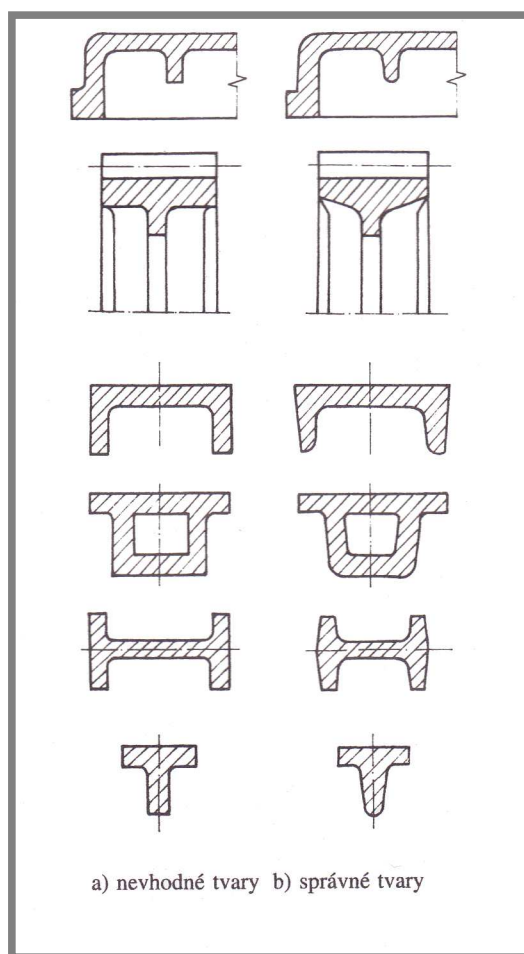
Žebra a výztuhy se konstruují přibližně o 30-40% tenší, aby byla schopna ztuhnout jako první a mohla tak vytvořit pevnou kostru pomáhající udržet požadovaný tvar odlitku při tuhnutí. Při správné volbě žebíř lze zamezit tvorbě trhlin, prasklin a borcení odlitku [1,2]. Avšak správná volba rozmístění žebíř i stěn je nutná také vzhledem k možnému vzniku staženin a mikrostaženin. Poněvadž obvykle tyto vady vznikají v místech tepelných uzlů, je třeba při oboustranném umístění žebíř i stěn tyto vůči sobě předsazovat, a to minimálně o dvojnásobek tloušťky [1,4]. Základní princip je objasněn na obr. 5-9.



Obr. 5-9 Předsazování žebíř [2].

### 5.2.5 Slévárenské úkosy

Úkosy u odlitků z pískových forem slouží především na plochách kolmých na dělicí rovinu a to k usnadnění vyjímání modelu z formy. Vhodné tvary slévárenských úkosů jsou zobrazeny na obr. 5-10.

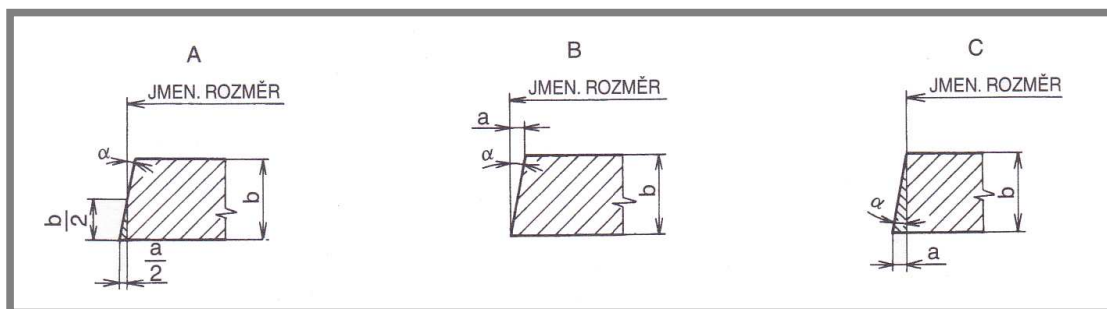


Obr. 5-10 Vhodné tvary slévárenských úkosů [4].

Slévárenské úkosy rozeznáváme dvojího druhu. A to *technologické* a *konstrukční*.

Technologické úkosy:

Jejich velikost je závislá na materiálu modelu, způsobu formování a na délce stěny, na které se úkos nachází, přičemž platí pravidlo, že čím je délka stěny větší, tím je úkos menší. Velmi však také záleží na materiálu modelu a způsobu formování, neboť u dřevěných modelů se používá technologický úkos od  $1^\circ$  po  $3^\circ$ , ale u kovového modelu a strojního formování postačuje úkos pouze  $0,5^\circ$  až  $1^\circ$ . Technologické úkosy upravuje norma ČSN 04 2021 viz obr.5-11, přičemž jsou známy tři druhy úkosů. A to: úkos A, B a C [4].



Obr. 5-11 Druhy technologických úkosů [3,11].

Úkos A:

Dělá se u ploch odlitků, které zůstanou neobrobeny.

Úkos B:

Dělá se u ploch odlitků, které zůstanou neobrobeny, ale konstrukce odlitku dovoluje větší zmenšení uvedeného jmenovitého rozměru.

Úkos C:

Dělá se u těch ploch odlitku, které budou obrobeny nebo neobrobeny, avšak konstrukce odlitku nedovoluje zmenšení uvedeného jmenovitého rozměru.

Norma ČSN 04 2021 platí pro slévárenské úkosity odlitků z šedé a temperované litiny, oceli a neželezných kovů zhotovených pomocí kovových a dřevěných modelů [11].

Konstrukční úkosity:

Předepisují se u neobrobených ploch s ohledem na zlepšení tvaru, vzhledu a také na odlehčení namáhání součástí. Stanovují se na výkresech součástí jejímž polotovarem je odlitek i na výkrese odlitku. Vzhledem k tomu, že jsou větší než úkosity technologické, pokud jsou směřovány kolmo na dělicí rovinu, mohou plnit i úlohu technologických úkosů. Je vhodné, aby konstrukční úkosity byly voleny alespoň s takovými minimálními hodnotami, jako jsou uvedeny v tab. 5-4 [1,4].

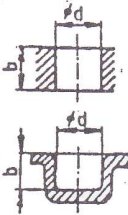
Tab. 5-3 Informativní hodnoty konstrukčních úkosů [3,11].

Konstrukční úkosity		Rozměry v mm	
$b$		$a : b$	$\alpha$
přes	do		
	250	1 : 20	3°
250	500	1 : 32	1°45'
500	1 000	1 : 50	1°

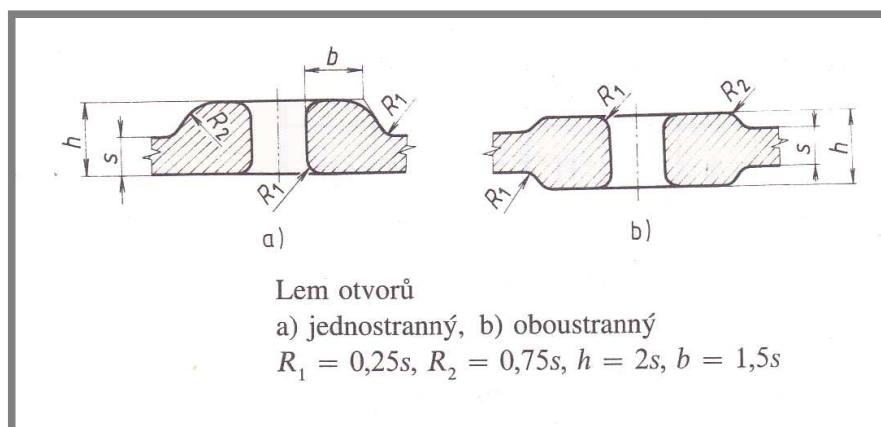
**5.2.6 Předlité díry a vybrání**

Vybrání jsou tvarovány tak, jak vyžaduje konstrukce odlitku, především by měly odlitek odlehčit a pomoci udržet stejnoměrnou tloušťku stěn. Předlité otvory jsou vytvářeny především v těch částech odlitku, kde bude otvor později obráběn. Jedná se tedy zejména o otvory pro ložiska v převodových skříních, či jiné objemnější otvory [1]. Běžně dosahované minimální průměry předlitých děr jsou uvedeny v tab. 5-5 [1].

Tab. 5-4 Nejmenší průměry předlitých děr [1].

	Výroba	Litiny, slit.Al, Cu $\phi$ d[mm]	Litá ocel $\phi$ d[mm]
	Kusová	25	50
	Sériová	20	40
	Hromadná	15	

Okraje děr ve stěnách se obvykle zesilují lemem, který slouží k zabránění praskání stěn odlitků. Používají se zde dva druhy lemů, lem jednostranný a lem oboustranný. Tyto lemy mají doporučené rozměry a zaoblení, aby v nich nemohly vznikat koncentrace napětí. Jak by tyto lemy měly vypadat je znázorněno na obr.5-12. Jsou zde také zaznamenány doporučené poměry rozměrů lemů [4].



Obr. 5-12 Zesilující lemy otvorů [4].

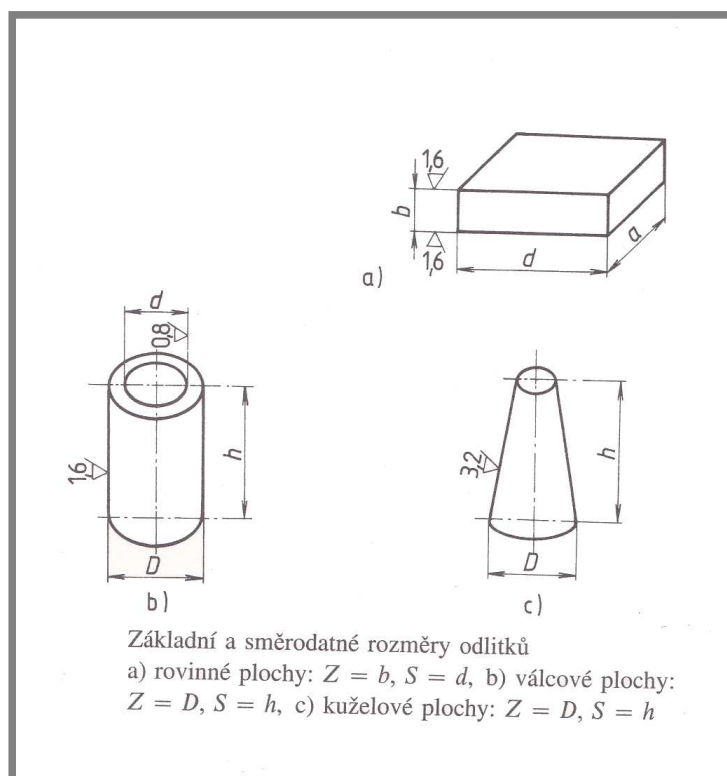
### 5.2.7 Stanovení přídavek na obrábění

Přídavky na obrábění ploch odlitků se předepisují pro slitiny železa, mědi a slitin mědi, hliníku a slitin hliníku podle normy ČSN 01 4980 [12]. Tato norma se však nevztahuje na slitiny hořčíku a odlitky lité pod tlakem [4]. Velikost přídávky na obrábění je určena především stupněm přesnosti odlitku, základním a směrodatným rozměrem, polohou obráběné plochy vzhledem k dělicí rovině, materiálem odlitku, popřípadě některými dalšími ukazateli [1].

**Základní rozměr:** je určen vzdáleností nejvzdálenější obráběné plochy od plochy dané nebo vzdáleností dvou nejvzdálenějších protilehlých bodů na obráběném povrchu viz obr. 5-13 [4].

**Směrodatný rozměr:** je největší kótovaný rozměr nebo součet kót největšího rozměru Odlitku v rovině kolmé na základní rozměr viz obr.5-13 [4].





Obr. 5-13 Základní a směrodatné rozměry odlitků [4].

Velikost přídávku na obrábění u odlitků tedy udává norma ČSN 01 4980. Správný přírůstek se z normy určí z třech základních parametrů: stupně přesnosti odlitku, základního rozměru a směrodatného rozměru. Jedná se o přírůstky na obrábění pro odlitky ze šedé, tvárné a temperované litiny, ze zvláštních slitin železa a z neželezných kovů [12].

### 5.2.8 Mezní úchytky rozměrů a tvarů u odlitků

Norma ČSN 01 4470 určuje mezní úchytky rozměrů a tvarů u odlitků ze slitin železa, mědi a hliníku s výjimkou neželezných kovů litéch pod tlakem. Velikost takového úchytku je především dána technologií výroby, materiálem a velikostí odlitku. Hodnoty se určují ze stupně dosažitelné přesnosti, jmenovitého a směrodatného rozměru [1,4].

U odlitků, které jsou odlévány do pískových forem jsou obvyklé hodnoty mezi 3. až 5. stupněm přesnosti, avšak vždy je třeba konzultovat volbu přesnosti s odběratelem odlitků. Pokud je třeba z určitých důvodů volit některé rozměry přesnější než u zbytku odlitku je to zpravidla o jeden stupeň přesnosti. Konečná přesnost u odlitků litéch do pískových forem je dána náhodnými a systematickými chybami [4].



### Systematické chyby:

Jsou to chyby zapříčiněné neschopností přesně odhadnout smrštění kovu při odlévání. Odstraňují se především u sériové výroby úpravou velikosti modelu po výrobě prvních zkušebních odlitků [4].

### Náhodné chyby jsou zapříčiněné především [4]:

- nepřesností polohy částí modelu, formy a jader
- nepřesností sesazení formy
- změnou tvaru formy zapříčiněnou deformací modelu při pěchování, uvolňování a vyjímání modelu z formy
- ručním dokončováním a opravováním formy
- nerovnoměrným smrštěním
- drsností povrchu danou litím, která se mění při následném opracování jako je tryskání, čištění či zabrušování surových odlitků.

### **5.2.9 Konstrukční opatření k minimalizaci vnitřního pnutí**

5.2.9

---

Poněvadž při výrobě odlitku se používá roztaveného kovu, je zřejmé, že při jeho chladnutí bude docházet k objemovému smršťování. To je pak příčinou vnitřního pnutí, které obvykle vede ke vzniku deformací, trhlin či prasklin. Čím více je pak odlitek členitý a má různorodé tloušťky stěn, tím je riziko vzniku vad v odlitku větší. Proto je třeba dodržovat minimálně základní pravidla konstrukce, aby se těmto problémům dalo co nejvíce předcházet.

Podle původu existuje u odlitků několik druhů napětí. Jedná se především o napětí: smršťovací (je vyvolané odporem formy či jádra proti volnému smršťování horkého odlitku při jeho chladnutí), transformační (je vyvolané fázovými přeměnami kovu při chladnutí, u litin a ocelí je to změna železa  $\gamma$  na  $\alpha$ , která je spojená se změnou objemu) a tepelné (je způsobeno nestejným ochlazováním odlitku ve všech jeho částech – vznik nestejnoměrného smršťování) [4].

#### základní opatření:

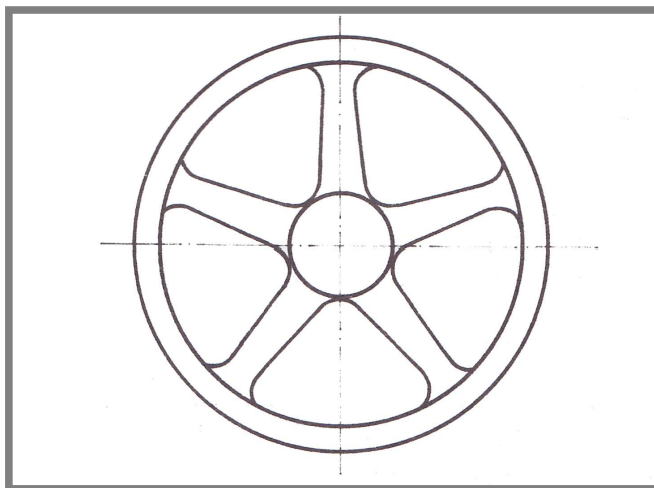
Základním opatřením, aby nemohlo v odlitku vznikat vnitřní pnutí, je zajištění rovnoměrného chladnutí. Proto je snahou, aby stěny odlitku měly pokud možno stále stejnou tloušťku. Z důvodu zhoršené možnosti ochlazování se také doporučuje vnitřní stěny konstruovat slabší, nebo s větším povrchem. Jedná se kupříkladu o nahrazení kruhového průřezu plochým [4].

Jsou ovšem i takové druhy odlitků, kde vzniku pnutí nelze zabránit a musí se s ním počítat. Jedná se zejména o odlitky ozubených kol, řemenic, či setrvačníků. U takovýchto odlitků vzniku vnitřního pnutí sice zcela zabránit nelze, ale vhodnou konstrukcí (tvarováním) můžeme pnutí alespoň zmírnit [2].

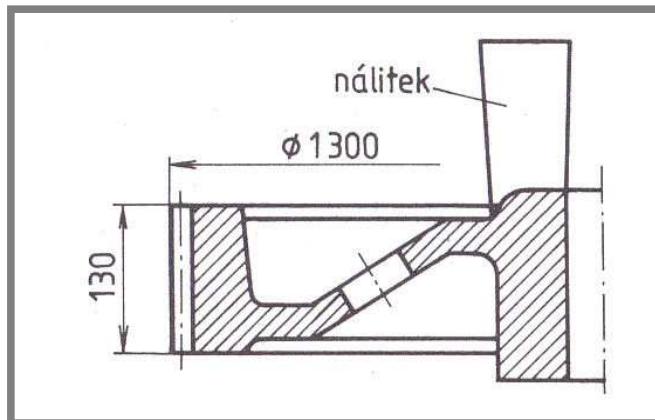
#### Základní požadavky na správnou konstrukci takovýchto odlitků jsou [2]:

- plynulý přechod ramena do věnce
- náboj s co možná nejmenší hmotností
- ne příliš tenký věnec
- lichý počet ramen, aby byla umožněna deformace odlitku (viz obr.5-14)

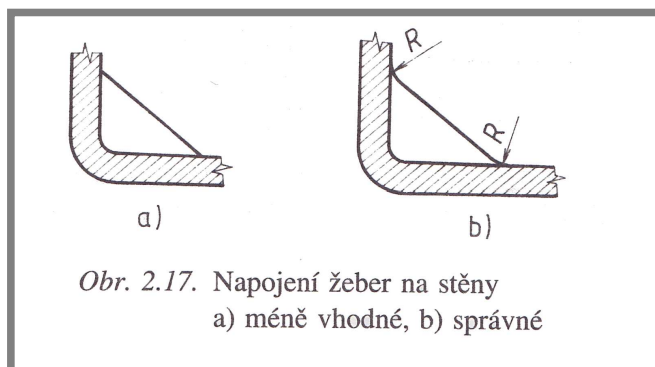
- konstrukce věnce s nábojem se zvlněným nebo kuželovým diskem, který lépe snáší vnitřní pnutí (viz obr 5-15)
- vhodné umístění přilehlých výztužných žebér, které se konstruuje tenčí než ostatní části odlitku, aby mohly ztuhnout jako první a vytvořit tak pevnou oporu zabraňující deformaci, borcení, či vzniku trhlin a prasklin
- vhodné zaoblení konců výztužných žebér, aby zde nemohly vznikat místní napěťové špičky (viz obr 5-16)



Obr. 5-14 Odlitek s lichým počtem ramen [4].



Obr. 5-15 Konstrukce věnce s nábojem se zvlněním [2].



Obr. 2.17. Napojení žebér na stěny  
a) méně vhodné, b) správné

Obr. 5-16 Napojení žebér na stěny [4].

## 6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Hlavním úkolem této bakalářské práce bylo vytvořit sadu úloh, z nichž každá obsahuje pět číselných zadání. Tyto zadání jsou určeny pro studenty prvních ročníků bakalářského studia, kteří studují předmět konstruování. Z těchto zadání studenti vytvoří výkres odlitku a výkres součásti z odlitku. V zadáních jsou zakótovány pouze rozměry dávající součásti základní tvar a také rozměry důležité pro správnou funkci. Ostatní míry jsou ponechány jako volné, tudíž si je studenti volí vhodně sami, dle svých znalostí. Každé ze zadání je tvořeno třemi základními celky: výkresem, modelem a tabulkou hodnot s rozměry pro jednotlivá číselná zadání. Úlohy byly vytvořeny pomocí programů Autodesk [13,14].

Výkres (obr.6-1a):

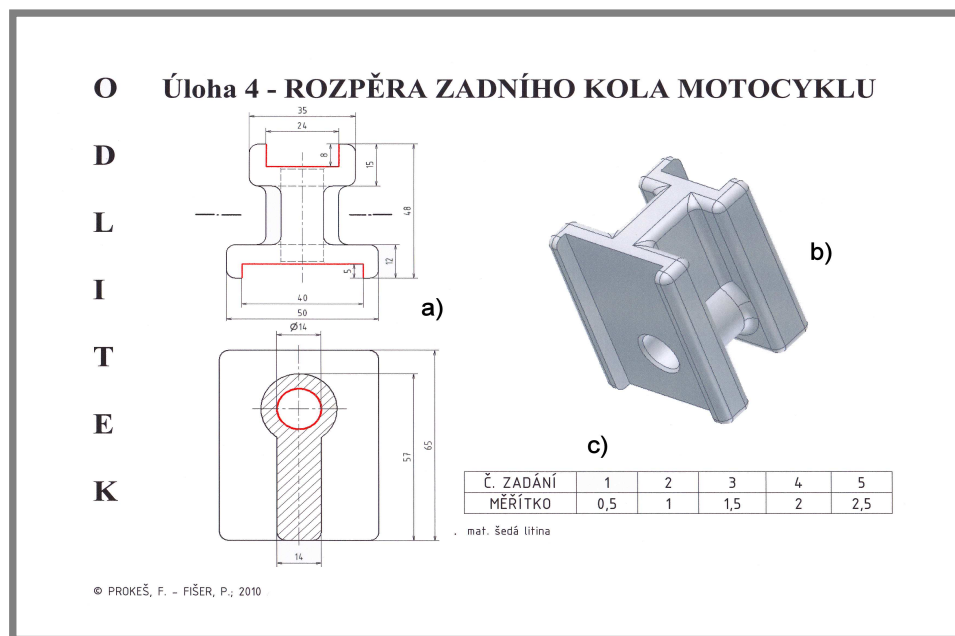
- jde o schéma výkresu součásti jejímž polotovarem je odlitek;
- obráběné plochy jsou znázorněny červeně
- kótovány jsou pouze důležité nebo funkční rozměry, ostatní rozměry si student může zvolit sám, dle svého vlastního uvážení;
- umístění a počet pohledů ve výkresové dokumentaci vytvořené studentem nemusí být totožný se zobrazením v zadání.
- zakótované rozměry jsou v milimetrech

Model (obr.6-1b):

- je zobrazen pro lepší názornost tvaru zadané součásti;
- jedná se o finální tvar výrobku jehož polotovarem byl odlitek;
- naznačená zaoblení jsou pouze názorná, jejich množství a velikost se může lišit.

Tabulka hodnot (obr.6-1c):

- obsahuje pět číselných zadání ve formě změny měřítka zadané součásti
- v některých případech, kdy nešlo stanovit rozměr prostou změnou měřítka, obsahuje zvlášť zadané specifické rozměry



**Obr. 6-1** Úloha 7 – Rozpěra zadního kola motocyklu  
a) výkres; b) model; c) tabulka hodnot.

## **7 ZÁVĚR – KONSTRUKČNÍ, TECHNOLOGICKÝ A EKONOMICKÝ ROZBOR ŘEŠENÍ**

Tato bakalářská práce se věnuje problematice tvorby výkresové dokumentace pro součásti, které jsou vyrobeny formou odlitků. V praxi se používají dle zvyklostí jednotlivých firem dva způsoby tvorby výkresové dokumentace. První způsob: Vždy se vytváří výkres součásti jejímž polotovarem je odlitek a poté se pouze do tohoto výkresu barevnými tužkami vyznačí požadavky pro výkres odlitku, popř. slévárenského postupu. Druhou používanou metodou je vytvoření zvlášť výkresu součásti jejímž polotovarem je odlitek a výkresu odlitku, popř. vytvoření dalších výkresů, jako je výkres slévárenského postupu, modelu, modelové desky a pod. Tohle je ale už spíše část určená pro odborníky z řad technologů.

Budoucí vývoj tvorby výkresové dokumentace bude pravděpodobně stále více směřovat tak, jako ve většině ostatních odvětví konstruování ve strojírenství k tvorbě v 3D programech. Mezi nesporné výhody modelování v těchto programech patří názornost a snadná orientace při vytváření složitých odlitků, snadná oprava případných konstrukčních změn, možnost vkládání vytvořeného 3D modelu do sestav, tedy snadné odhalení případných rozměrových nesrovnalostí se sestavou a také převádění do jiných programů – např. pro zjišťování kritických míst při zatěžování součástí, nebo pro tisk v Rapid prototypingu. Reálný výtisk součásti pak může sloužit jako model výrobku (maketa) např. pro prezentaci. U méně zatěžovaných součástí se tyto modely používají i přímo jako prototypová součást, na které je možno vyzkoušet funkčnost výrobku. Často se však jedná o součást, která je vytisknuta z kovového prášku, nikoliv z plastu.

Tato bakalářská práce byla vytvořena pro studenty prvních ročníků bakalářského studia na FSI VUT v Brně jako doplněk literatury pro správné formální zvládnutí tvorby výkresové dokumentace programu „odlitek“. Dalším, a to hlavním cílem této bakalářské práce bylo vytvoření nové sady úloh, z nichž každá obsahuje pět číselných zadání pomocí změny měřítko. Tyto úlohy by měly sloužit k rozšíření a zpestření stávajících zadání používaných pro studenty.

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

**8**

---

- [1] Sobek, E., Brandejs, J., Dvořáček J., Mazal, P., Svoboda, F.: *Základy konstruování: návody pro konstrukční cvičení*. BRNO: CERM, 2004. 164s. ISBN: 80-7204-331-5.
- [2] Hluchý, M., Kolouch, J., Paňák, R.: *Strojírenská technologie 2 – 1.díl*. 2.vyd. PRAHA: SCIENTIA, 2001. 316s. ISBN: 80-7183-244-8
- [3] Leinveber, J., Vávra, P.: *Strojnické tabulky*. 4.vyd. ÚVALY: ALBRA, 2008. 914s. ISBN: 978-80-7361-051-7
- [4] Kříž, R., Vávra, P.: *Strojírenská příručka – 7.svazek*. 1. vyd. PRAHA: SCIENTIA, 1996. 216s. ISBN: 80-7183-024-0
- [5] Kříž, R., Vávra, P.: *Strojírenská příručka - 5. svazek*. 1. vyd. Praha: SCIENTIA, 1994. 241 s. ISBN 80-85827-5-10.
- [6] Svoboda, P., Brandejs, J., Prokeš, F.: *Základy konstruování*. 1. vyd. BRNO: CERM, 2007. 203s. ISBN: 978-80-7204-535-8
- [7] Fořt, P., Kletečka, J.: *Autodesk Inventor*. 1.vyd. BRNO: COMPUTER PRESS, 2004. 283s. ISBN: 80-251-0389-7
- [8] *Prezentace ústavu slévárenství FSI VUT BRNO*
- [9] ČSN 01 4470: *Mezní úchytky rozměrů a tvarů odlitků*. 1973
- [10] ČSN 01 4909: *Poloměry vnitřních zaoblení odlitků ze šedé litiny*. 1956.
- [11] ČSN 04 2021: *Slévárenské úkosy modelů a odlitků*. 1962.
- [12] ČSN 01 4980: *Přídavky na obrábění ploch odlitků*. 1973.
- [13] [program] AutoCad Mechanical, verze 2009. Autodesk, Inc.
- [14] [program] Autodesk Inventor, verze 2009. Autodesk, Inc.
- [15] [online] <<http://www.technickenormy.cz>>

---

## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

$IT$ [-]	- třída přesnosti
$n$ [mm]	- počet vyrobených kusů
$r$ [mm]	- poloměr zaoblení
$R_z$ [ $\mu\text{m}$ ]	- drsnost povrchu
$S$ [mm]	- směrodatný rozměr
$S_{1,2}$ [mm]	- tloušťka stěny
$Z$ [mm]	- základní rozměr
$\alpha$ [ $^\circ$ ]	- úhel slévárenského úkosu

**10 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ****10**

<b>Obr. 1-1</b> Přehled možností zpracování výkresové dokumentace u odlitků. ....	13
<b>Obr. 5-1</b> Výkres součásti jejímž polotovarem je odlitek. ....	21
<b>Obr. 5-2</b> Výkres odlitku. ....	22
<b>Obr. 5-3</b> Vliv kvality na velikost ekonomické série. ....	24
<b>Obr. 5-4</b> Vliv hrany na strukturu kovu. ....	25
<b>Obr. 5-5</b> Řešení spoje dvou stěn. ....	26
<b>Obr. 5-6</b> Dvě možná řešení problematiky ostrého úhlu. ....	26
<b>Obr. 5-7</b> Poloměry vnitřních zaoblení. ....	27
<b>Obr. 5-8</b> Připojování stěn. ....	27
<b>Obr. 5-9</b> Předsazování žeber. ....	28
<b>Obr. 5-10</b> Vhodné tvary slévárenských úkosů. ....	29
<b>Obr. 5-11</b> Druhy technologických úkosů. ....	29
<b>Obr. 5-12</b> Zesilující lemy otvorů. ....	31
<b>Obr. 5-13</b> Základní a směrodatné rozměry odlitků. ....	32
<b>Obr. 5-15</b> Konstrukce věnce s nábojem se zvlněním. ....	34
<b>Obr. 5-16</b> Napojení žeber na stěny. ....	34
<b>Obr. 5-14</b> Odlitek s lichým počtem ramen. ....	34
<b>Obr. 6-1</b> Úloha 7 – Rozpěra zadního kola motocyklu. ....	35
a) výkres; b) model; c) tabulka hodnot. ....	35

---

## 11 SEZNAM TABULEK

<b>Tab. 5-1</b> Zařazení odlitků do jednotlivých stupňů přesností.....	24
<b>Tab. 5-2</b> Doporučené tloušťky stěn odlitků. ....	25
<b>Tab. 5-3</b> Informativní hodnoty konstrukčních úkosů.....	30
<b>Tab. 5-4</b> Nejmenší průměry předlitých děr. ....	31



## 12 SEZNAM PŘÍLOH

**12**

---

- Úloha 1 – VÍKO PŘEVODOVÉ SKŘÍNĚ
- Úloha 2 – TĚLESO VŘETENOVÉHO ČERPADLA
- Úloha 3 – PŘÍRUBA VÝTLAKU
- Úloha 4 – ROZPĚRA ZADNÍHO KOLA MOTOCYKLU
- Úloha 5 – UNÁŠECÍ SPOJKA
- Úloha 6 – NAVRTÁVACÍ OBJÍMKA
- Úloha 7 – TĚLO BENZINÉVÉHO UZÁVĚRU
- Úloha 8 – VÍKO ELEKTROMOTORU
- Úloha 9 – UZAVÍRACÍ KLAPKA
- Úloha 10 – TURBÍNA
- Úloha 11 – DISK
- Úloha 12 – ŘEMENICE



O

D

L

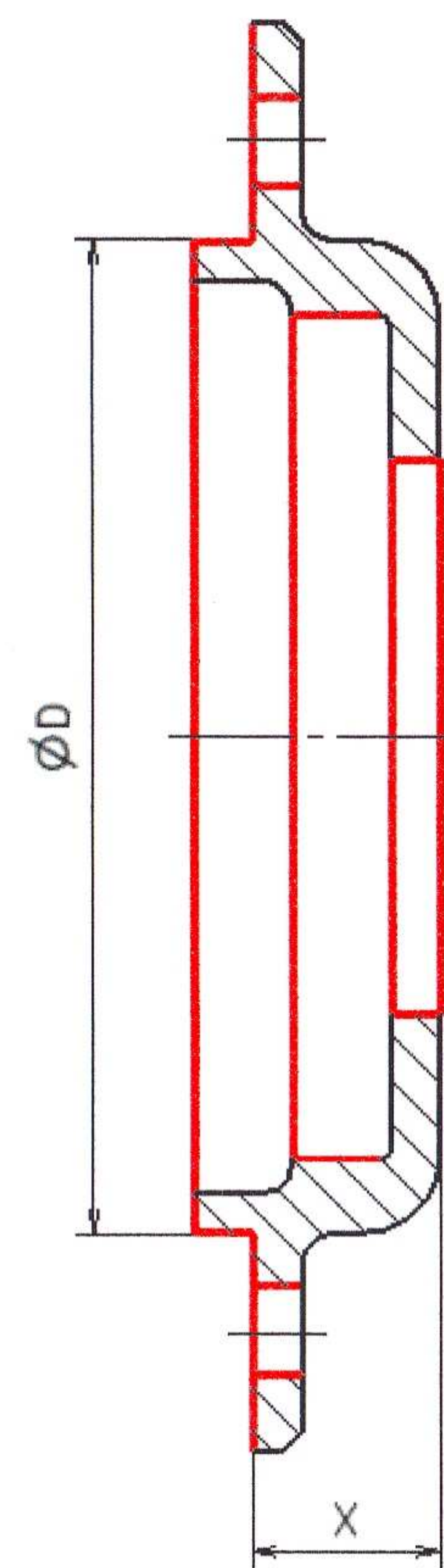
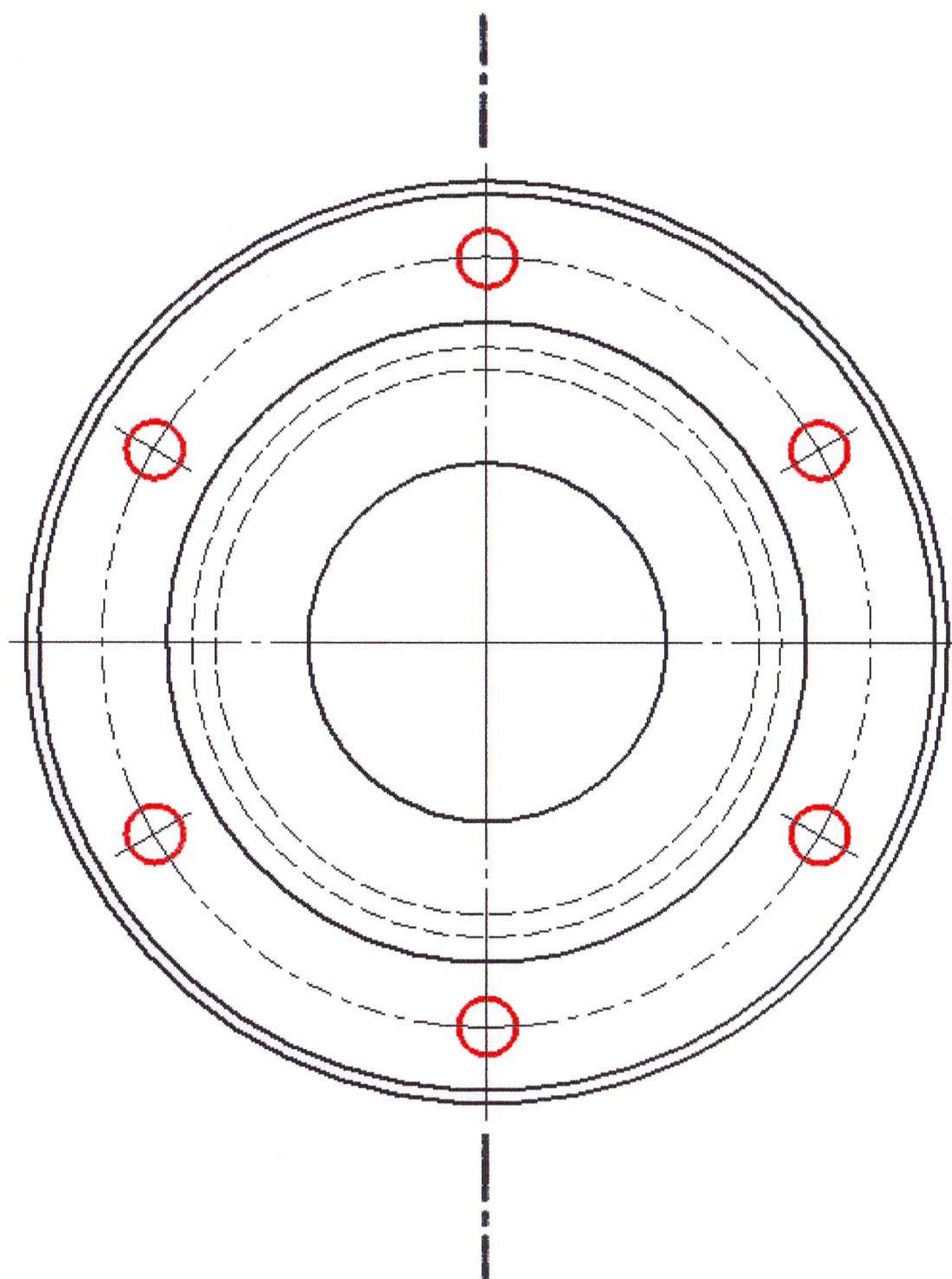
I

T

E

K

# Úloha 1 – VÍKO PŘEVODOVÉ SKŘÍNĚ



Č. ZADÁNÍ	1	2	3	4	5
D [mm]	52	72	80	90	100
X [mm]	20	20	20	25	25

mat. šedá litina







O

D

L

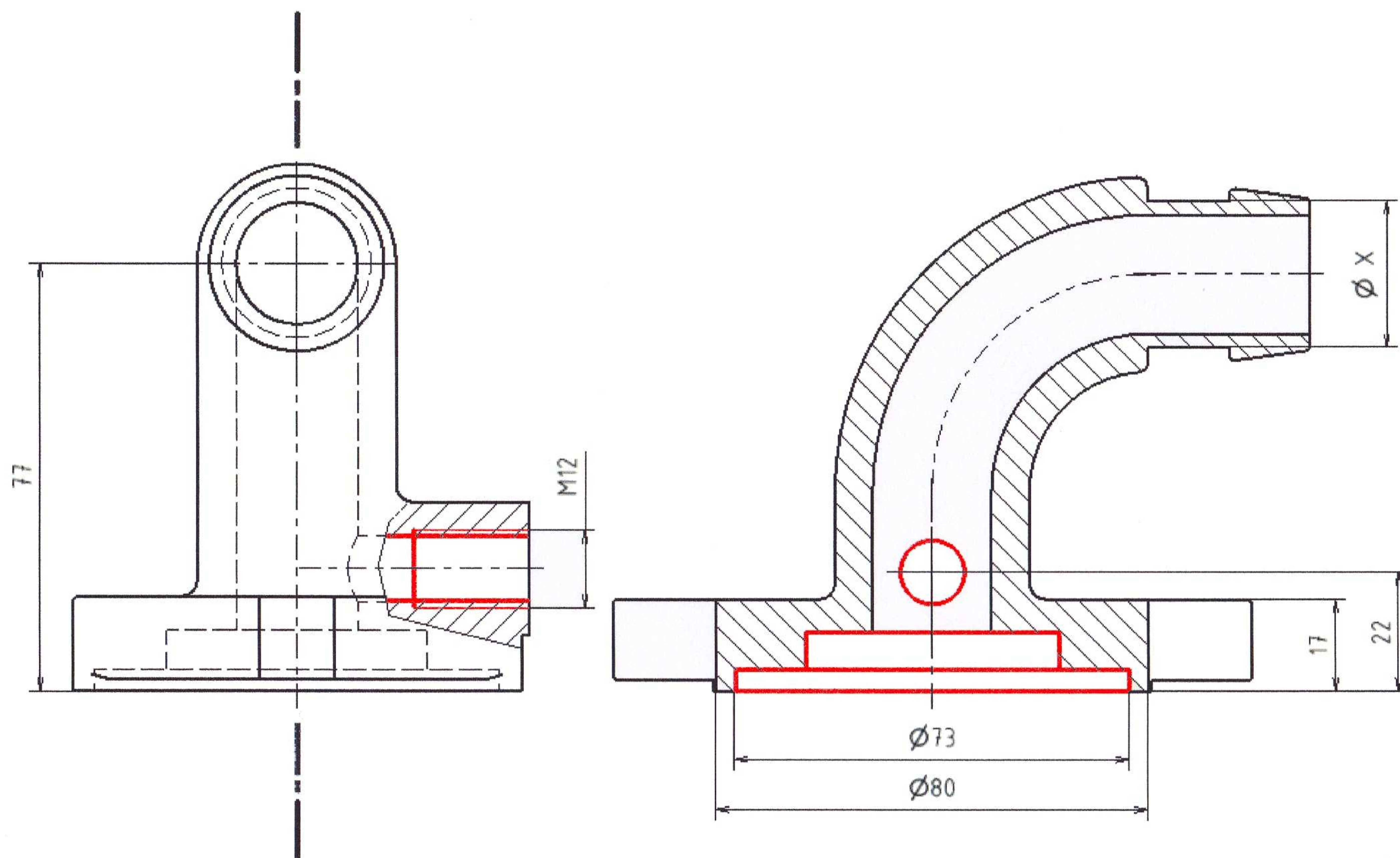
I

T

E

K

## Úloha 3 - PŘÍRUBA VÝTLAKU



Č. ZADÁNÍ	1	2	3	4	5
X	27	48	66	88	100
MĚŘÍTKO	1	2	3	4	5

mat. šedá litina



# O

## Úloha 4 - ROZPĚRA ZADNÍHO KOLA MOTOCYKLU

# D

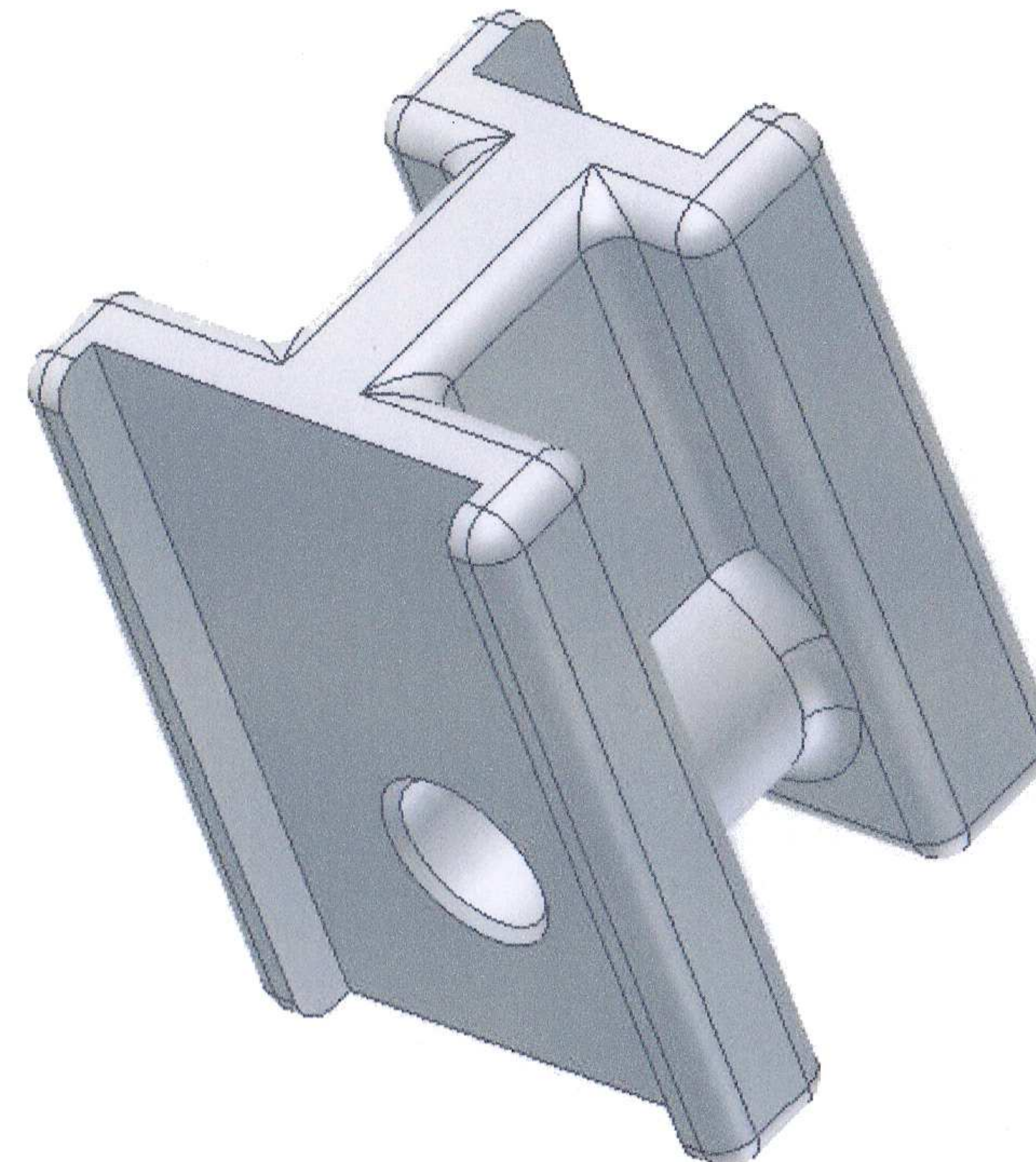
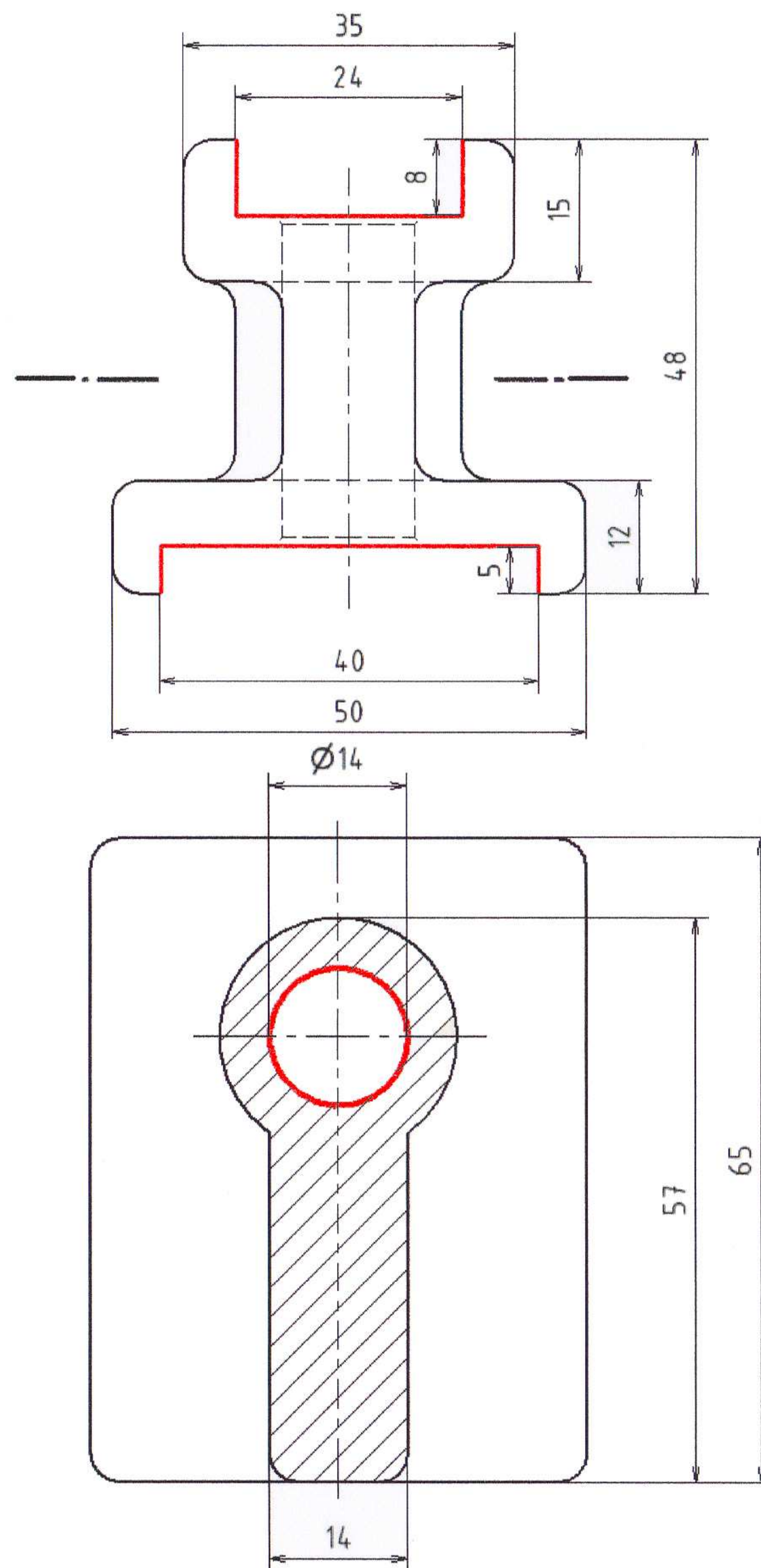
# L

# I

# T

# E

# K



Č. ZADÁNÍ	1	2	3	4	5
MĚŘÍTKO	0,5	1	1,5	2	2,5

. mat. šedá litina



O

D

L

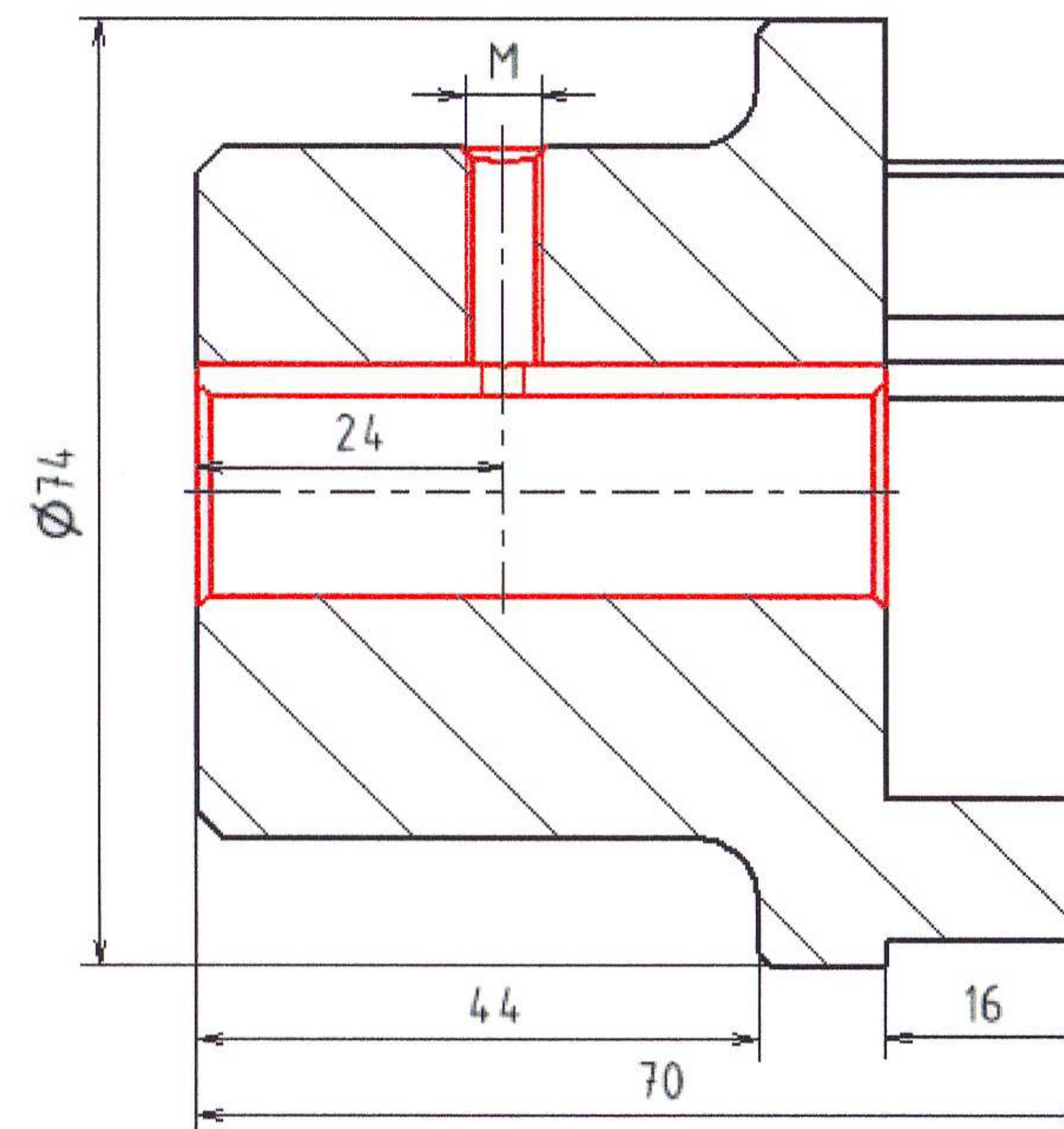
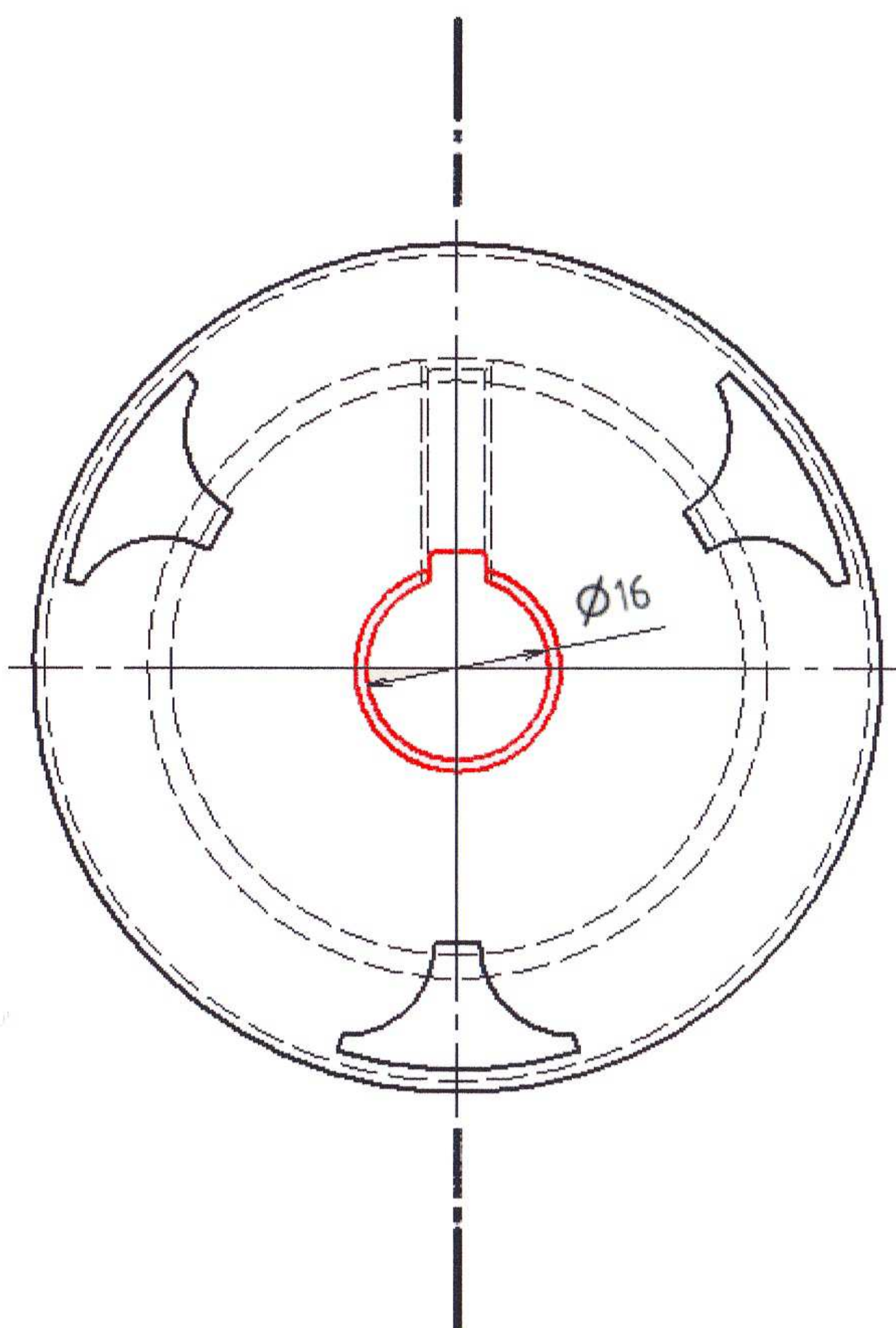
I

T

E

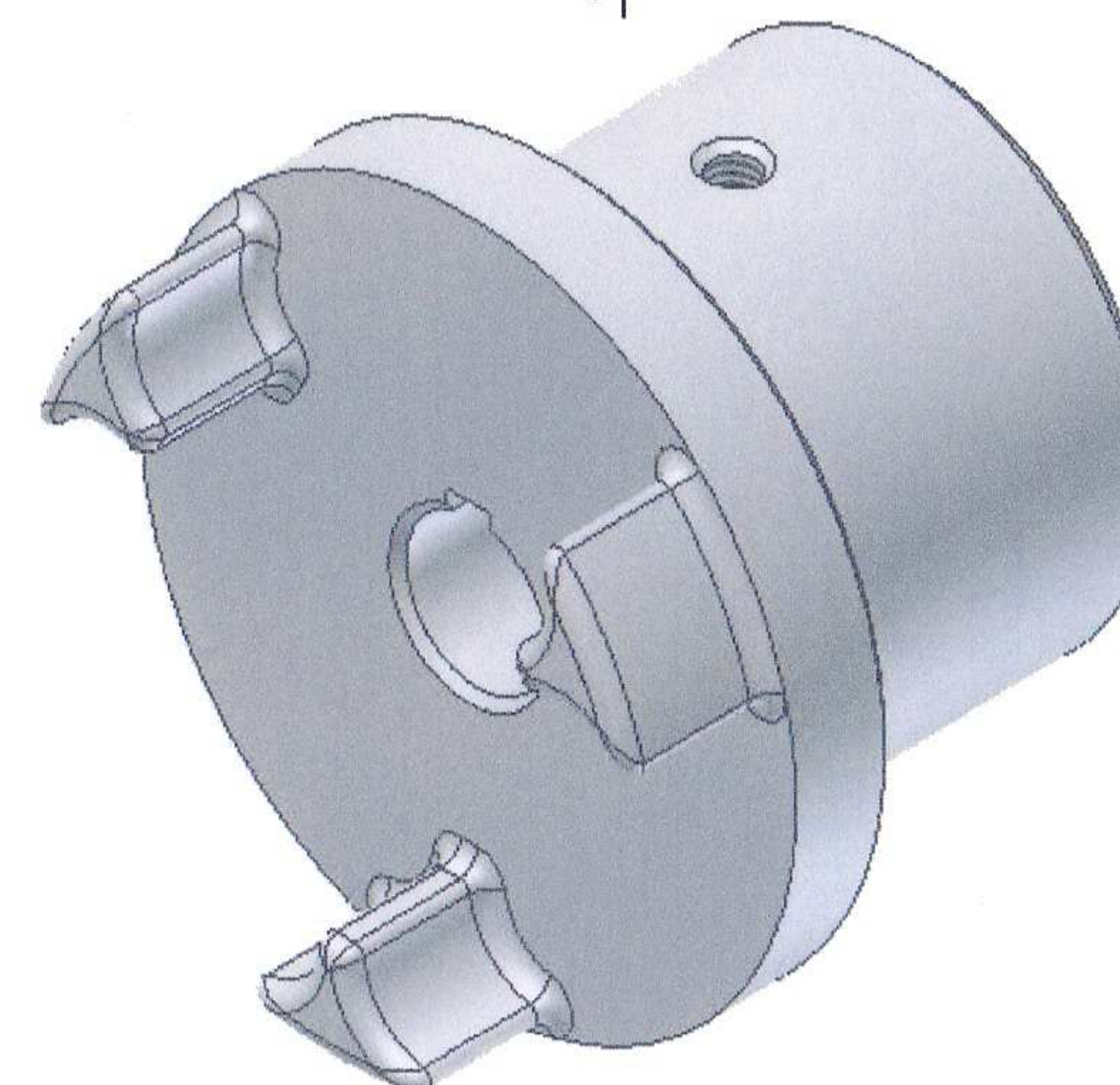
K

## Úloha 5 – UNÁŠECÍ SPOJKA



Č. ZADÁNÍ	1	2	3	4	5
MĚŘÍTKO	0,5	1	1,5	2	2,5

mat. tvárná litina





O

D

L

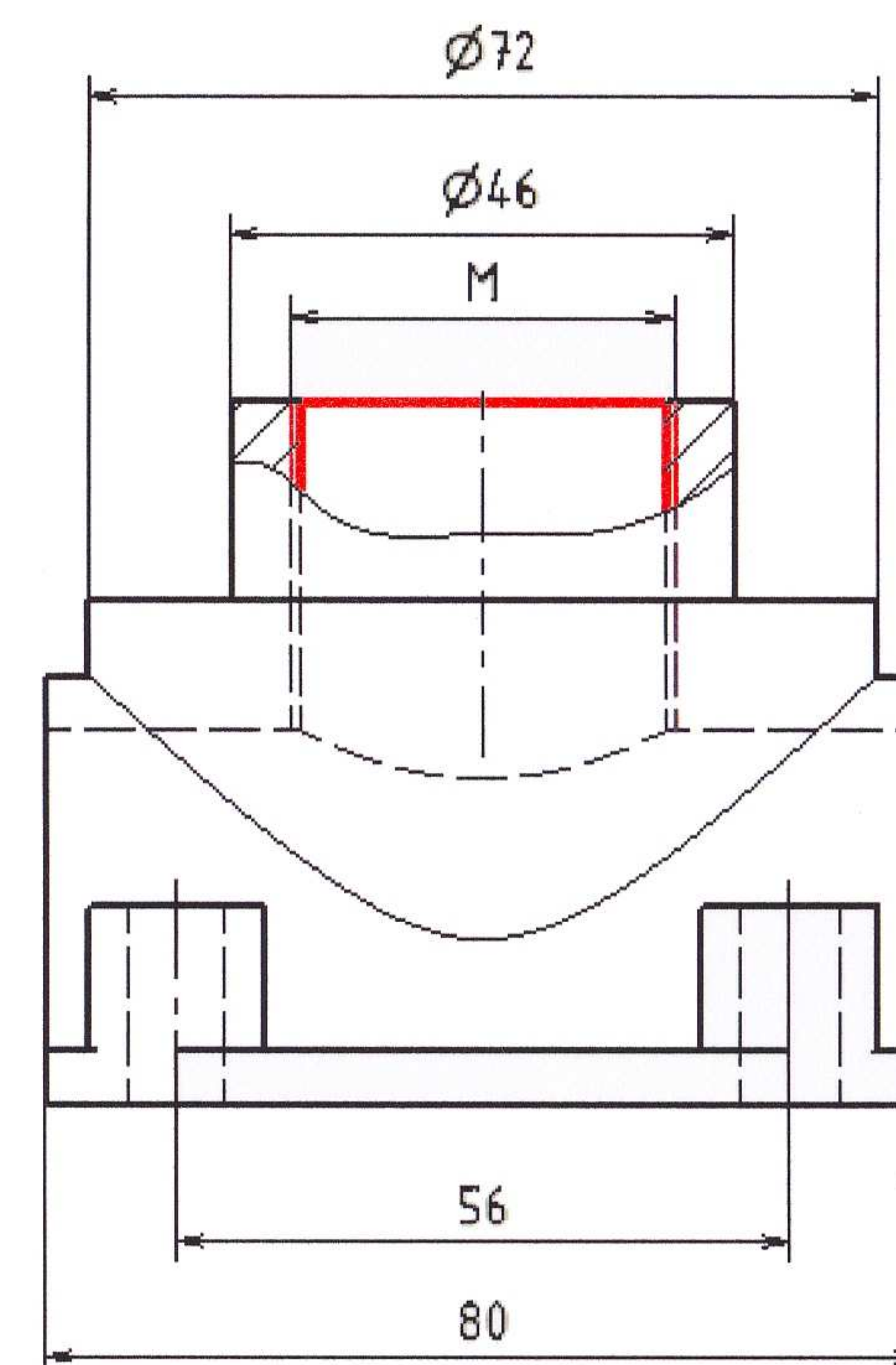
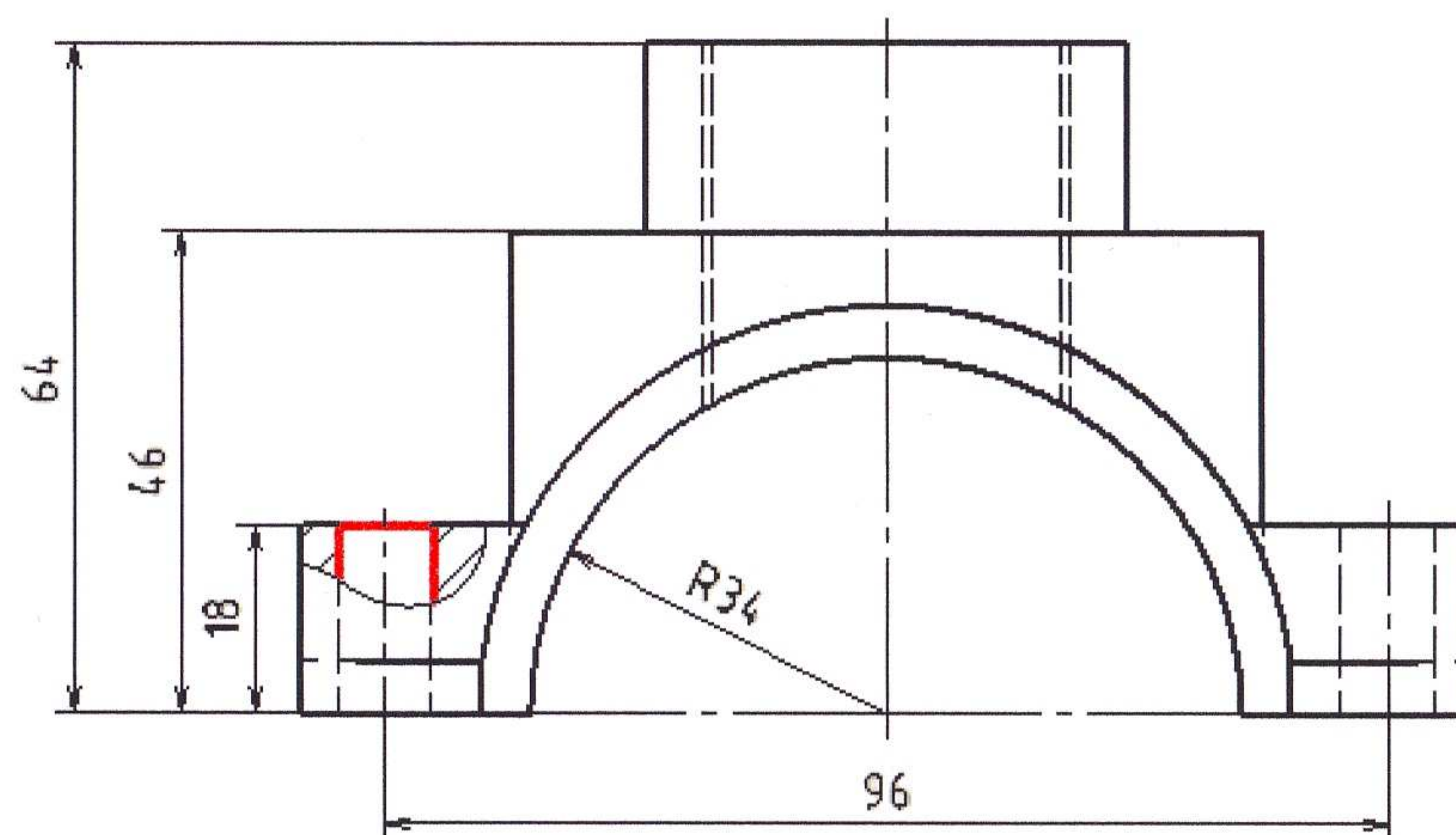
I

T

E

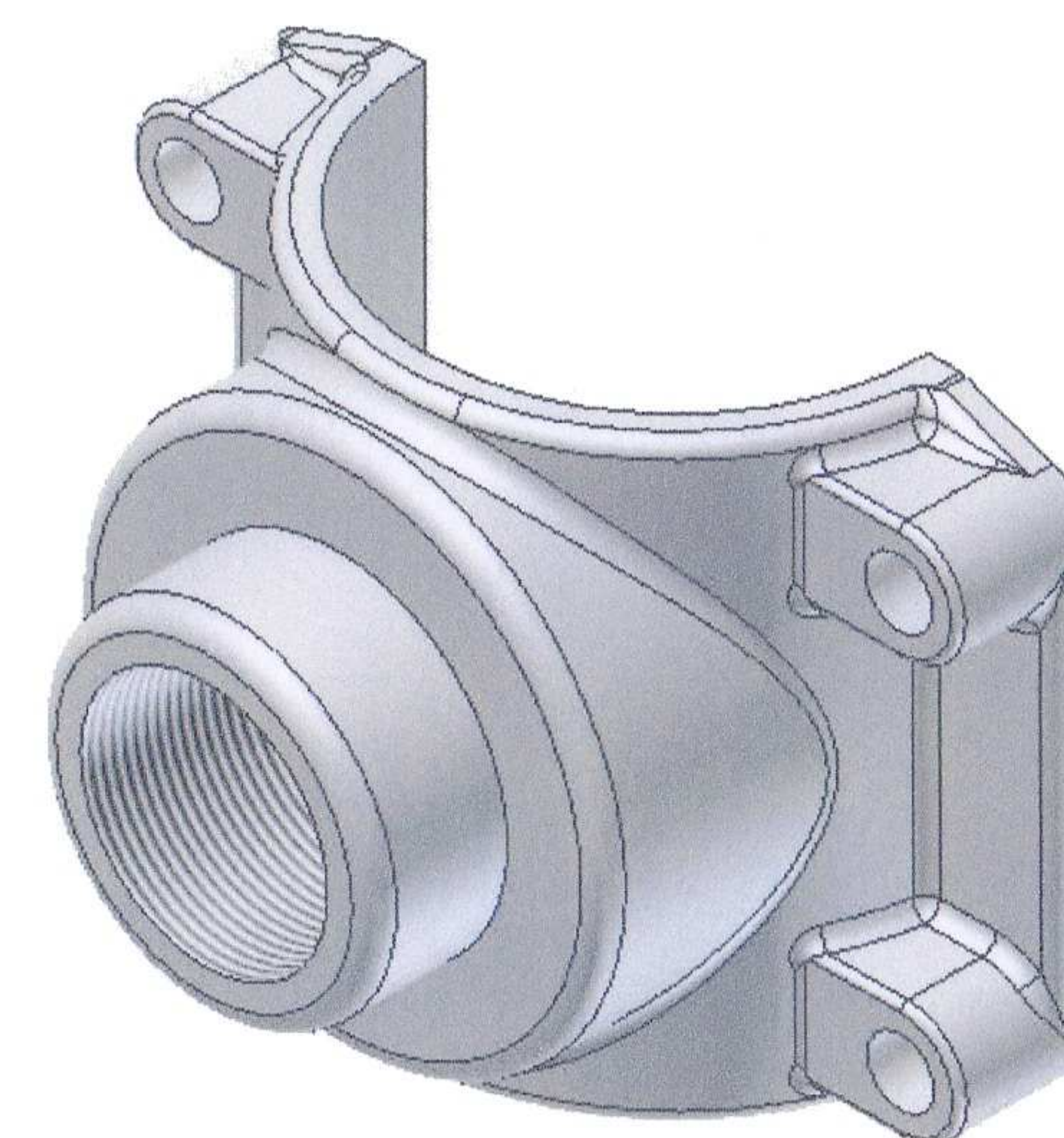
K

## Úloha 6 – NAVRTÁVACÍ OBJÍMKA



Č. ZADÁNÍ	1	2	3	4	5
MĚŘÍTKO	0,5	1	1,5	2	2,5

mat. hliníková slitina





O

# Úloha 7 – TĚLO BENZINOVÉHO UZÁVĚRU

D

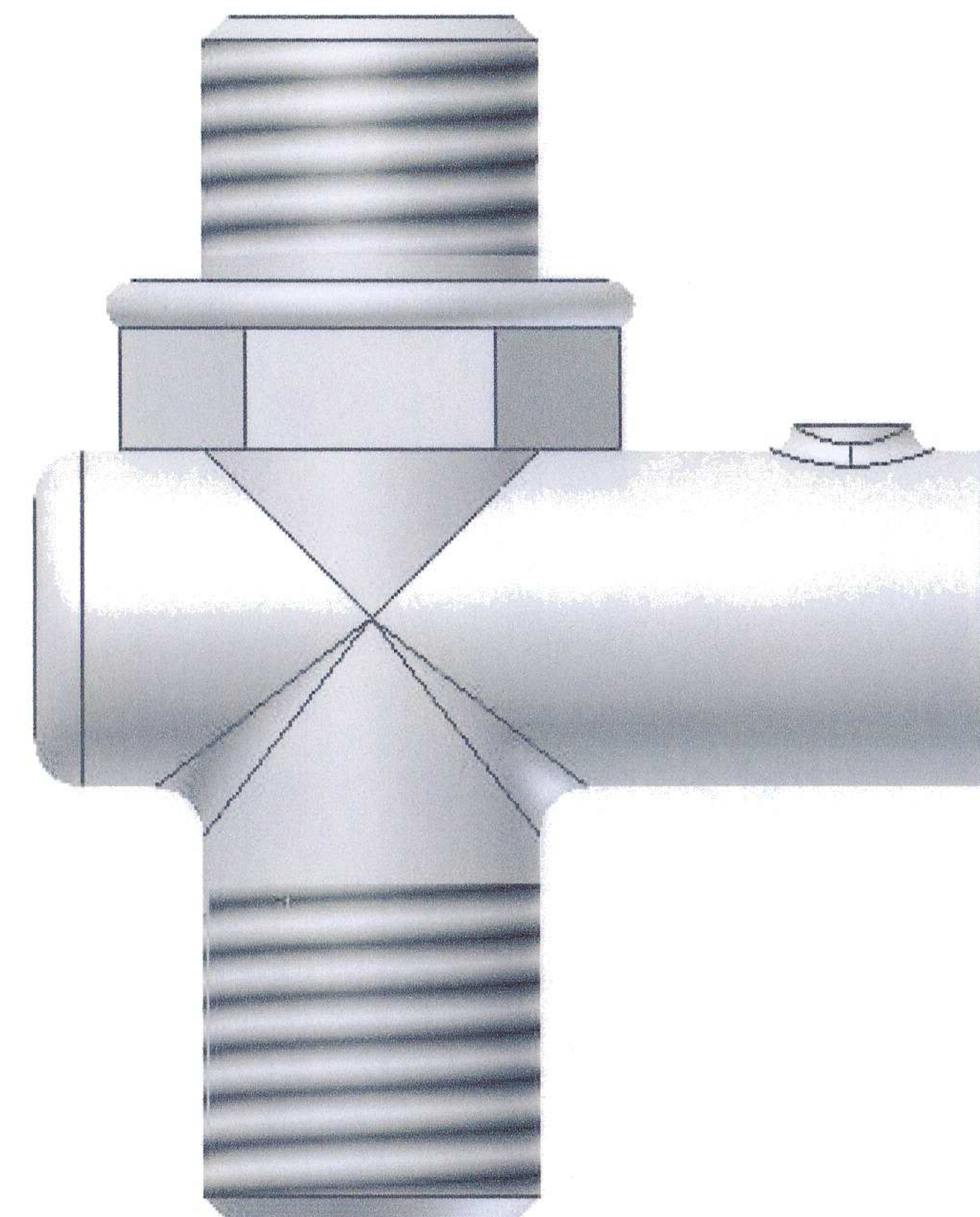
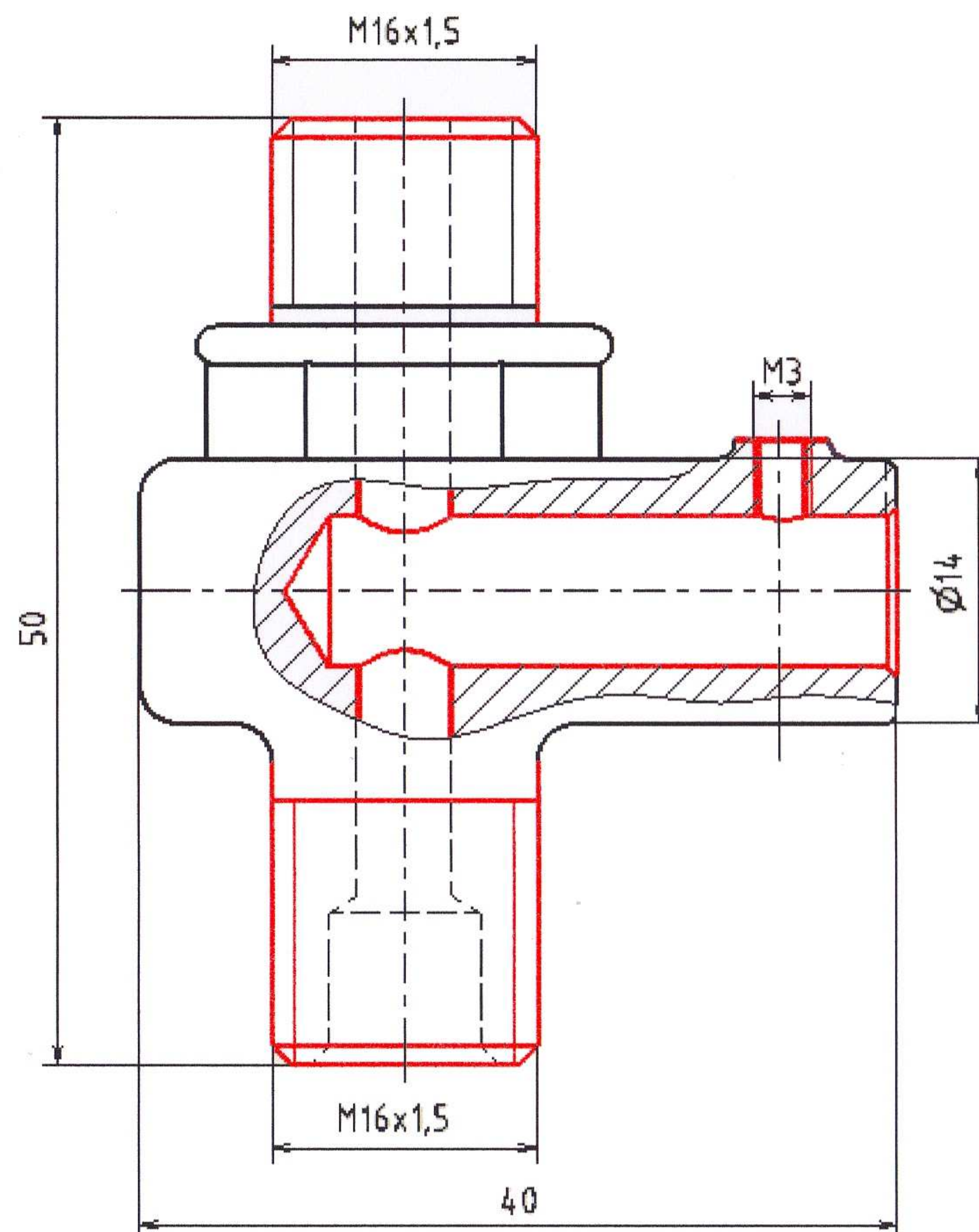
L

I

T

E

K



Pozn.: č.zadání 1,2,3 vodící šroub M 3  
č.zadání 4,5 vodící šroub M 5

Č. ZADÁNÍ	1	2	3	4	5
MĚŘÍTKO	0,75	1	1,25	1,5	2,25

mat. slitina bronzu



O

## Úloha 8 – VÍKO ELEKTROMOTORU

D

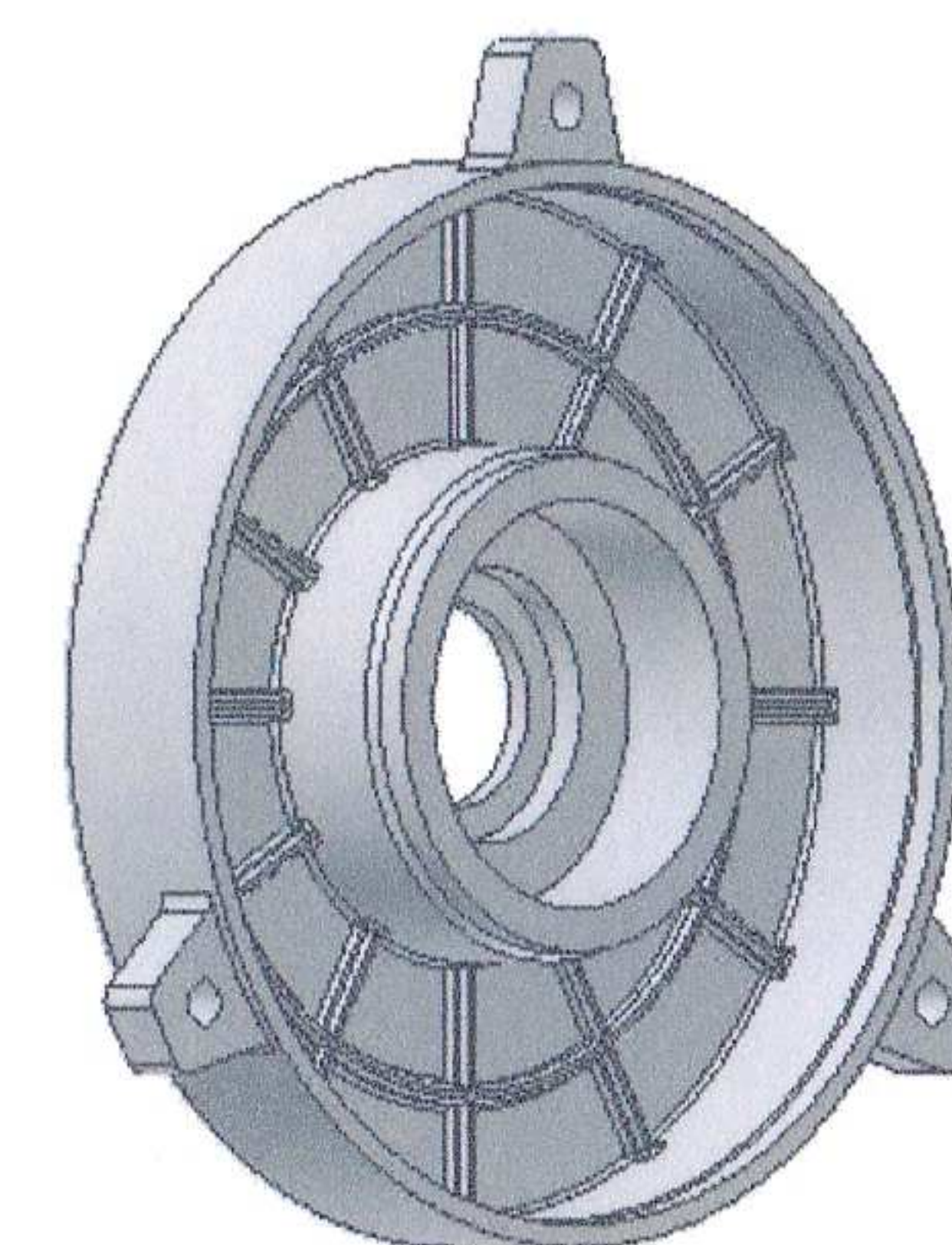
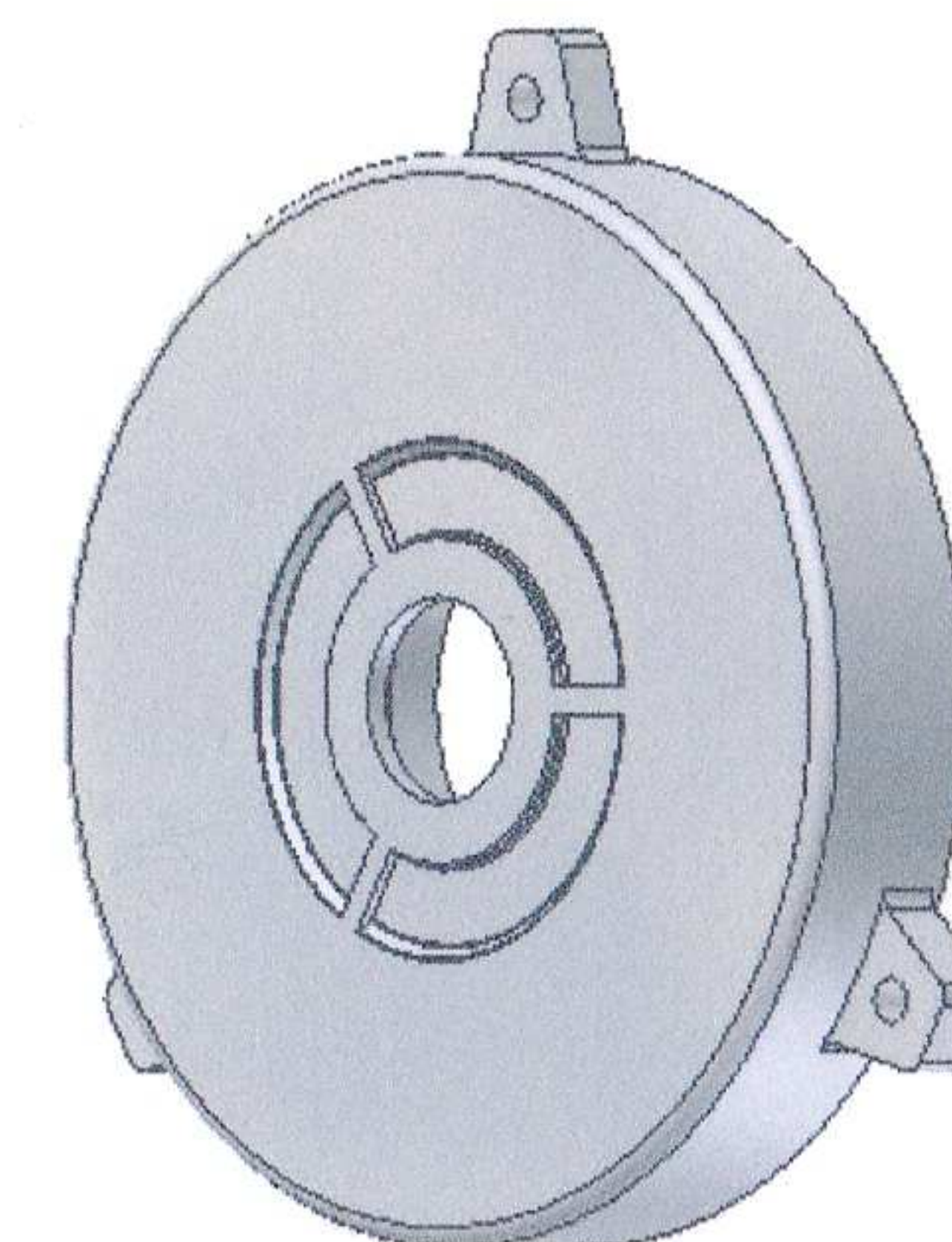
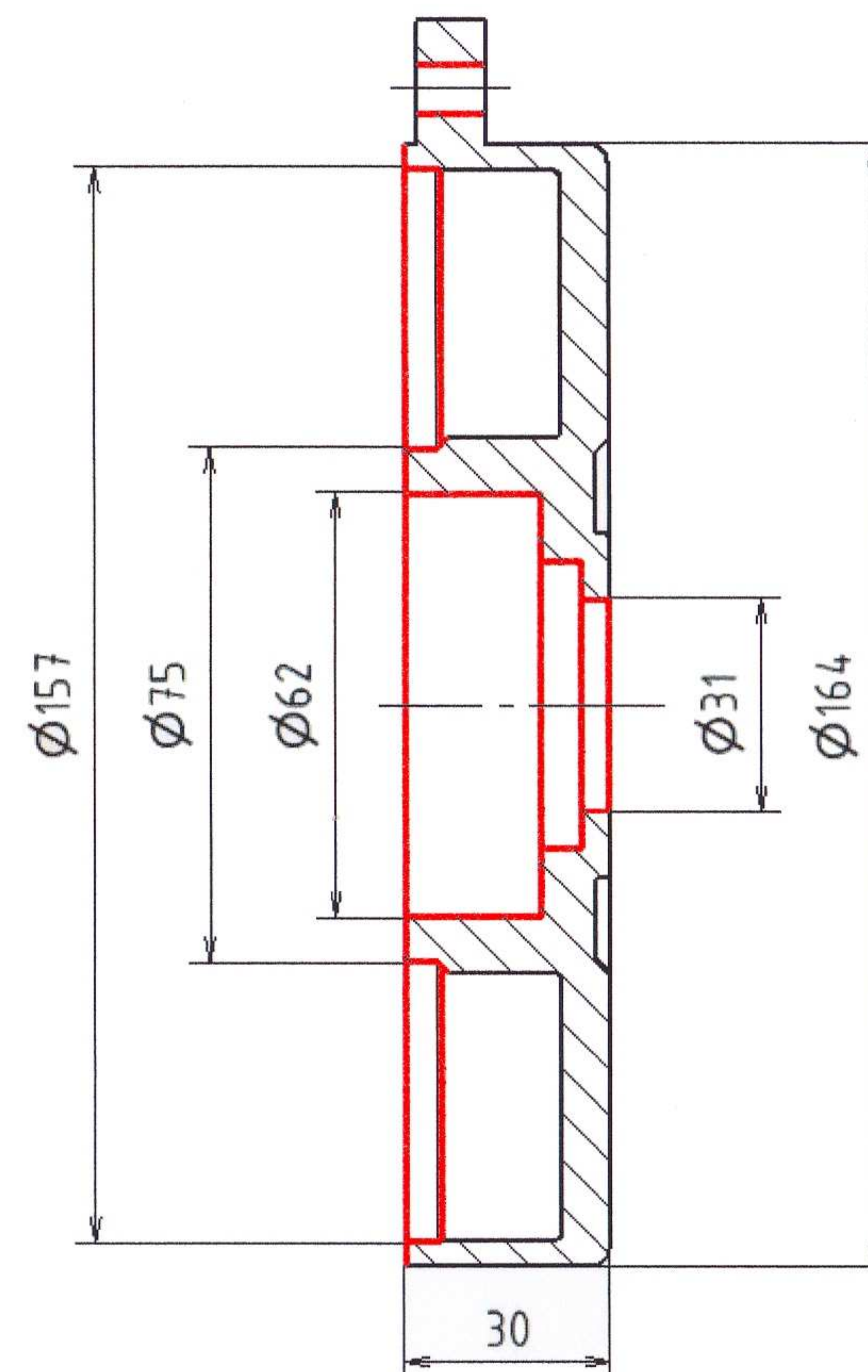
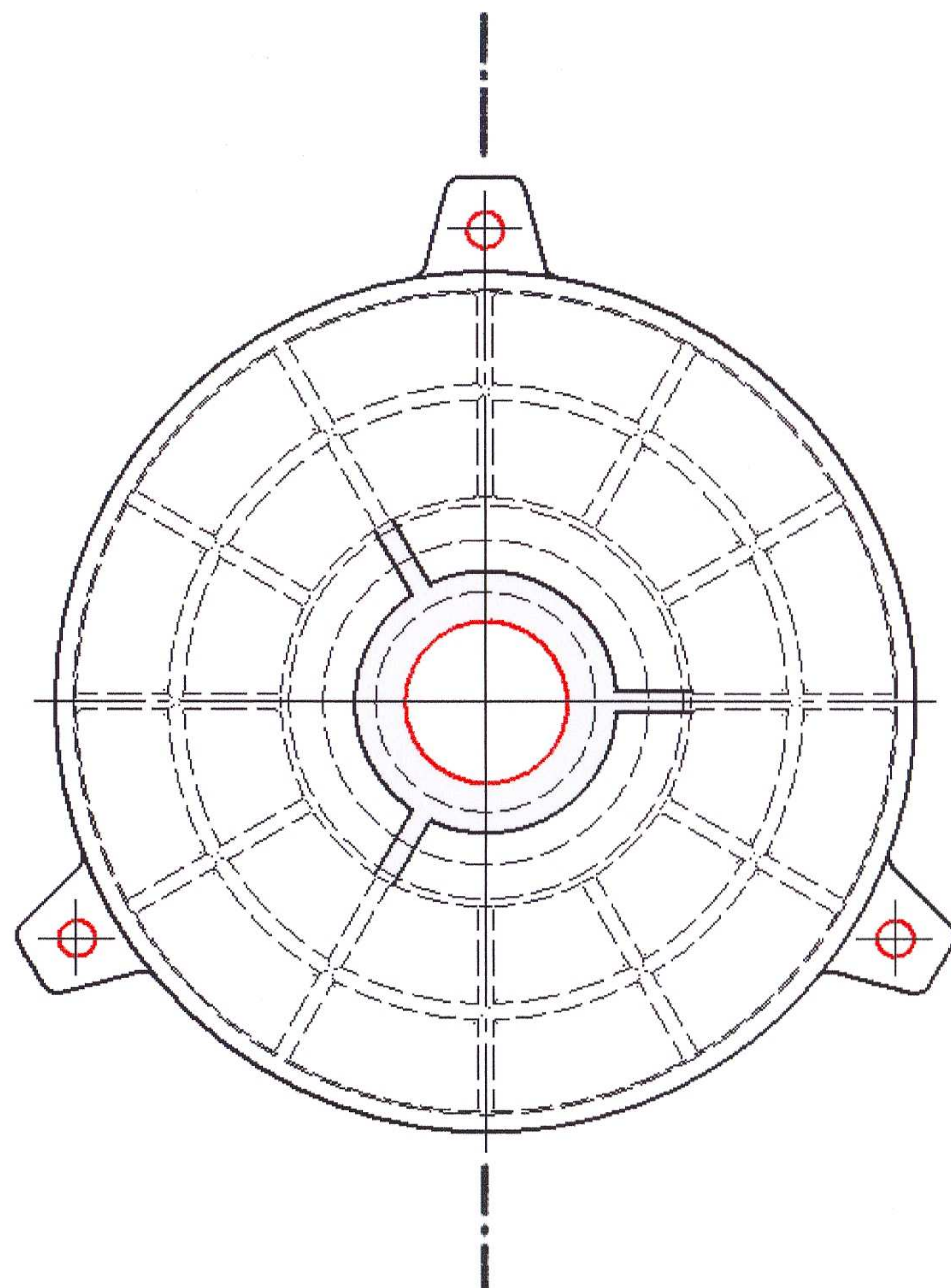
L

I

T

E

K



Č. ZADÁNÍ	1	2	3	4	5
MĚŘÍTKO	0,5	1	1,5	2	2,5

mat. hliníková slitina



O

D

L

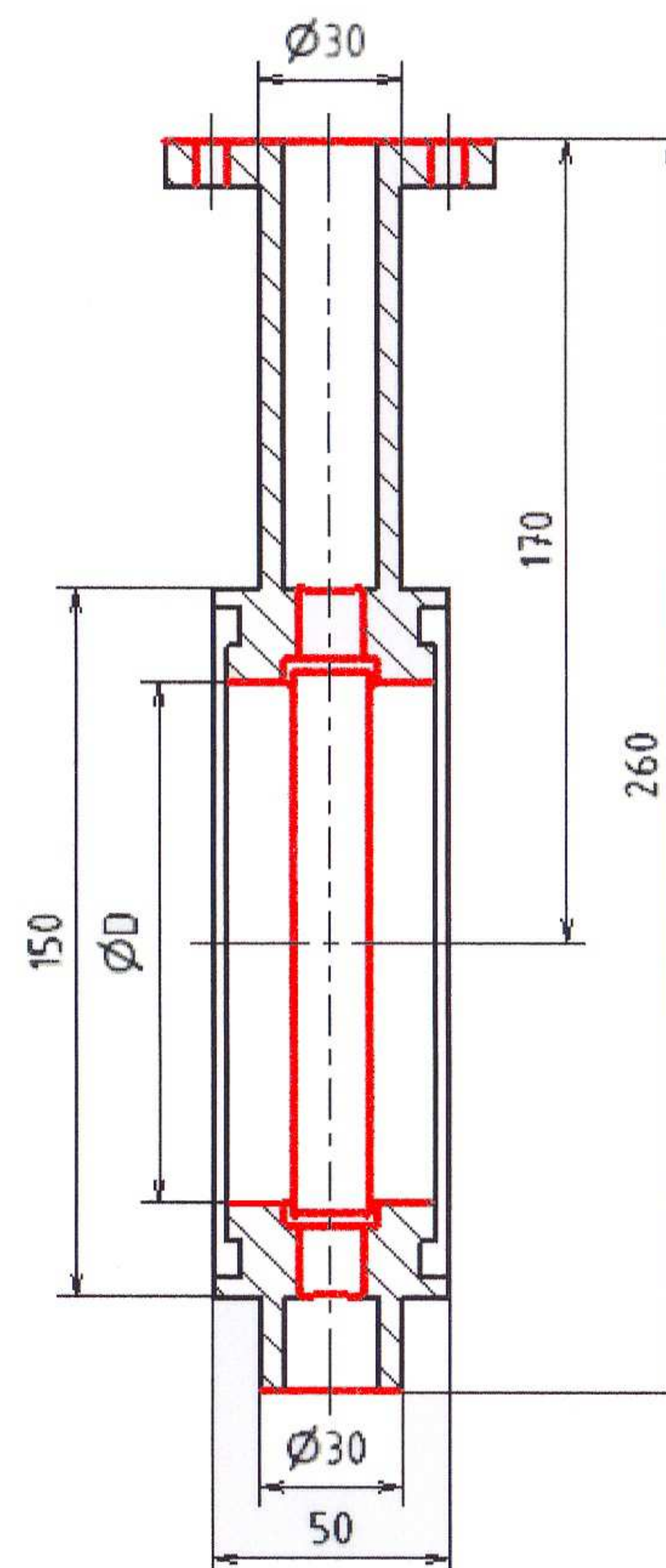
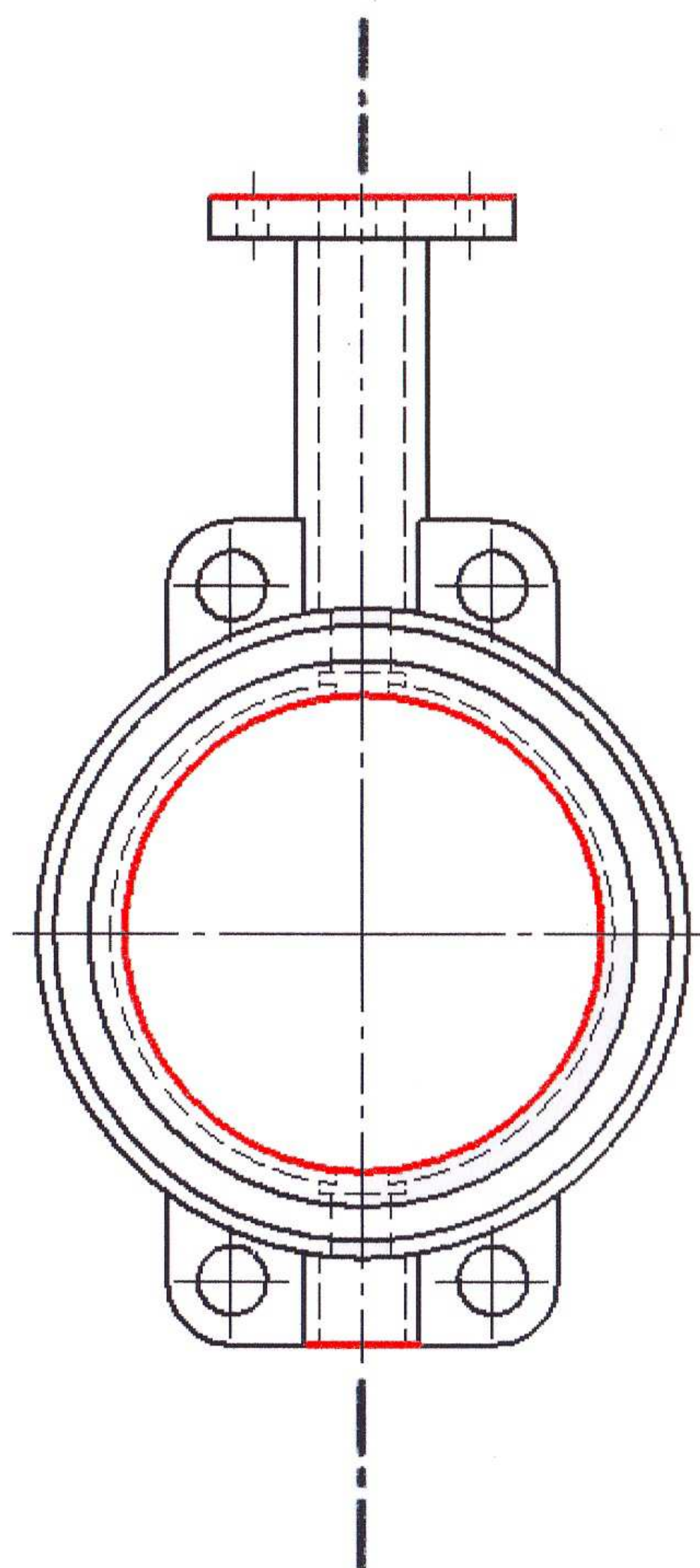
I

T

E

K

## Úloha 9 – UZAVÍRACÍ KLAPKA

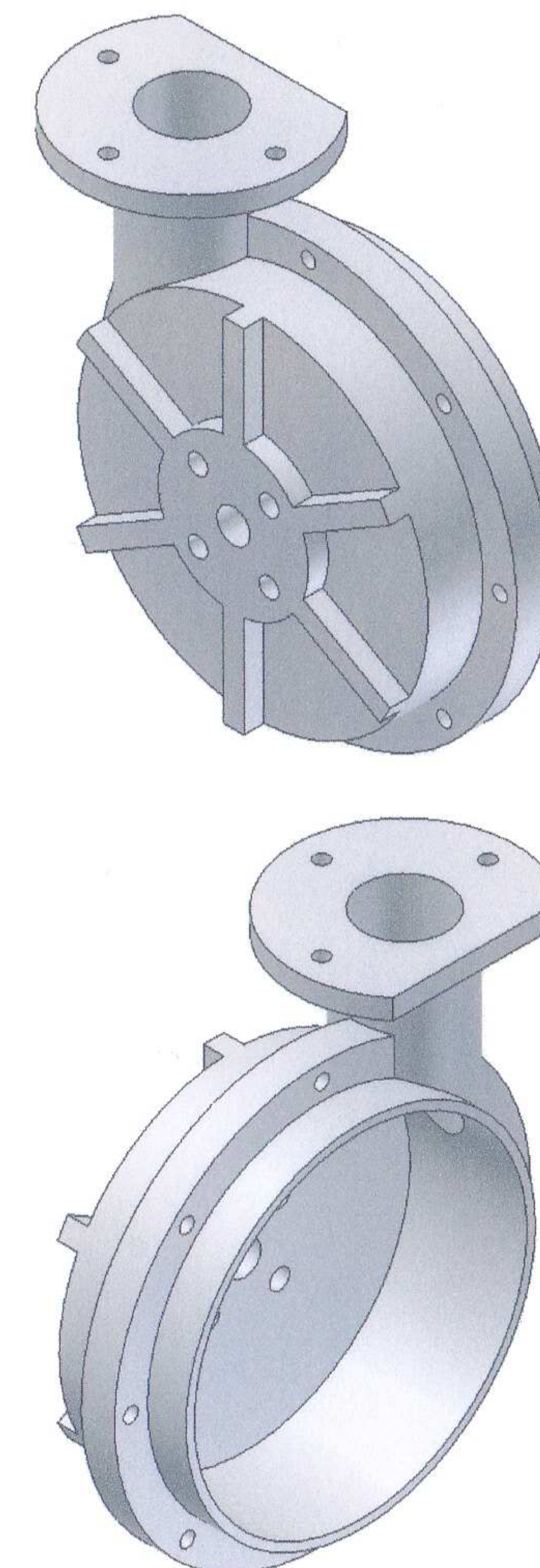
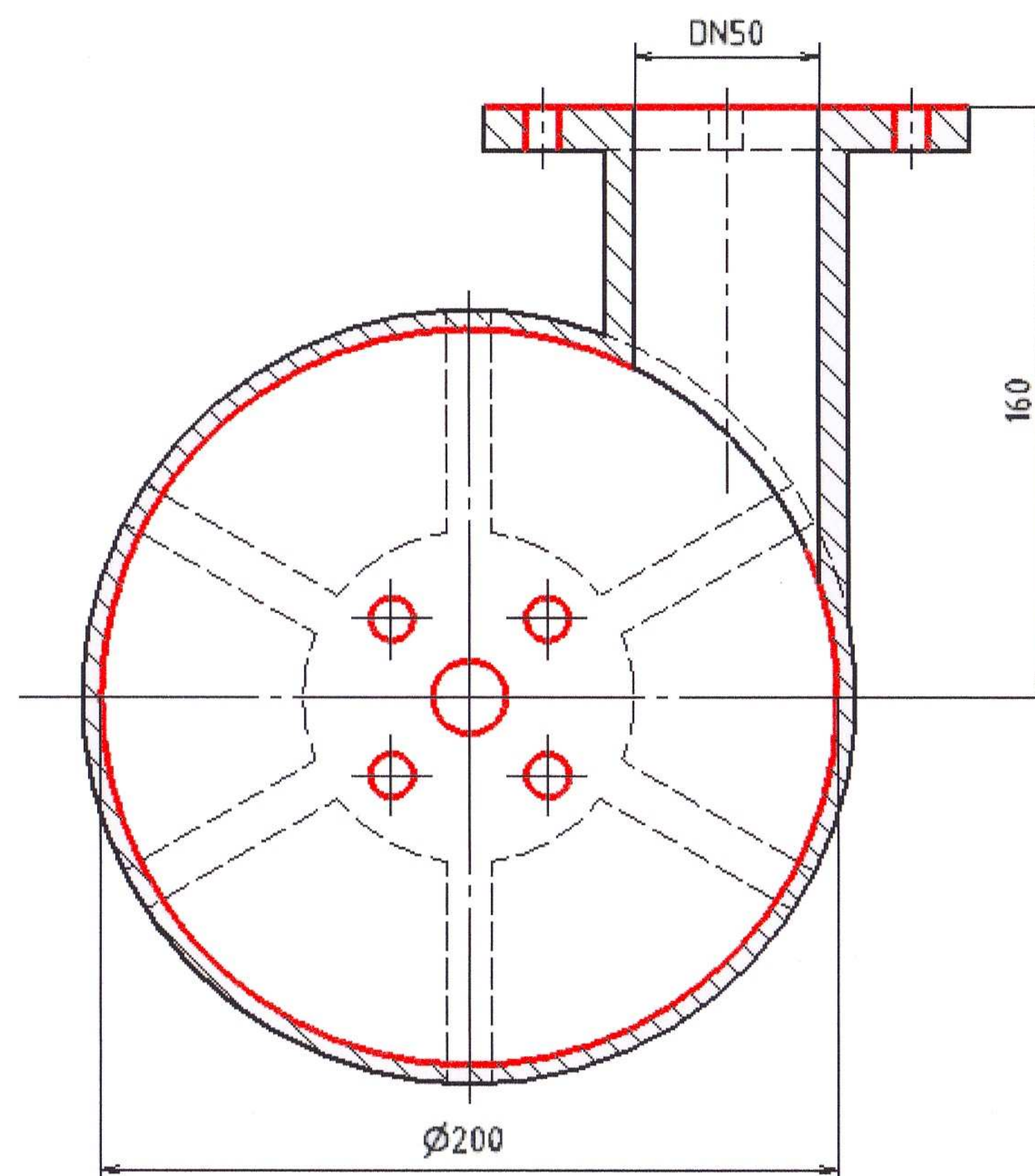
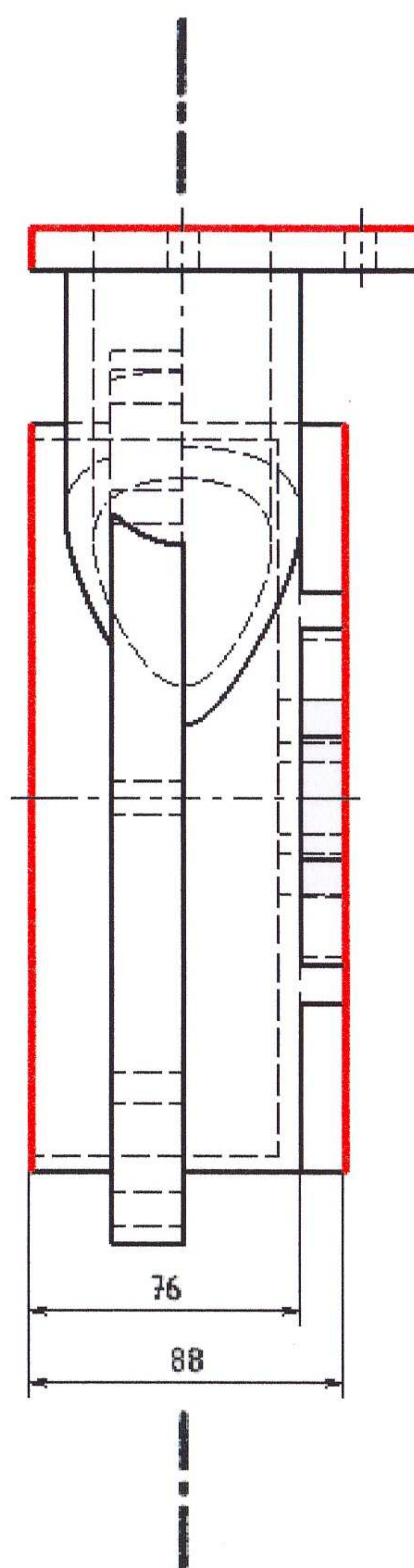


Č. ZADÁNÍ	1	2	3	4	5
D [mm]	90	110	160	210	260
MĚŘÍTKO	0,8	1	1,5	2	2,5

mat. šedá litina



# Úloha 10 – TURBÍNA

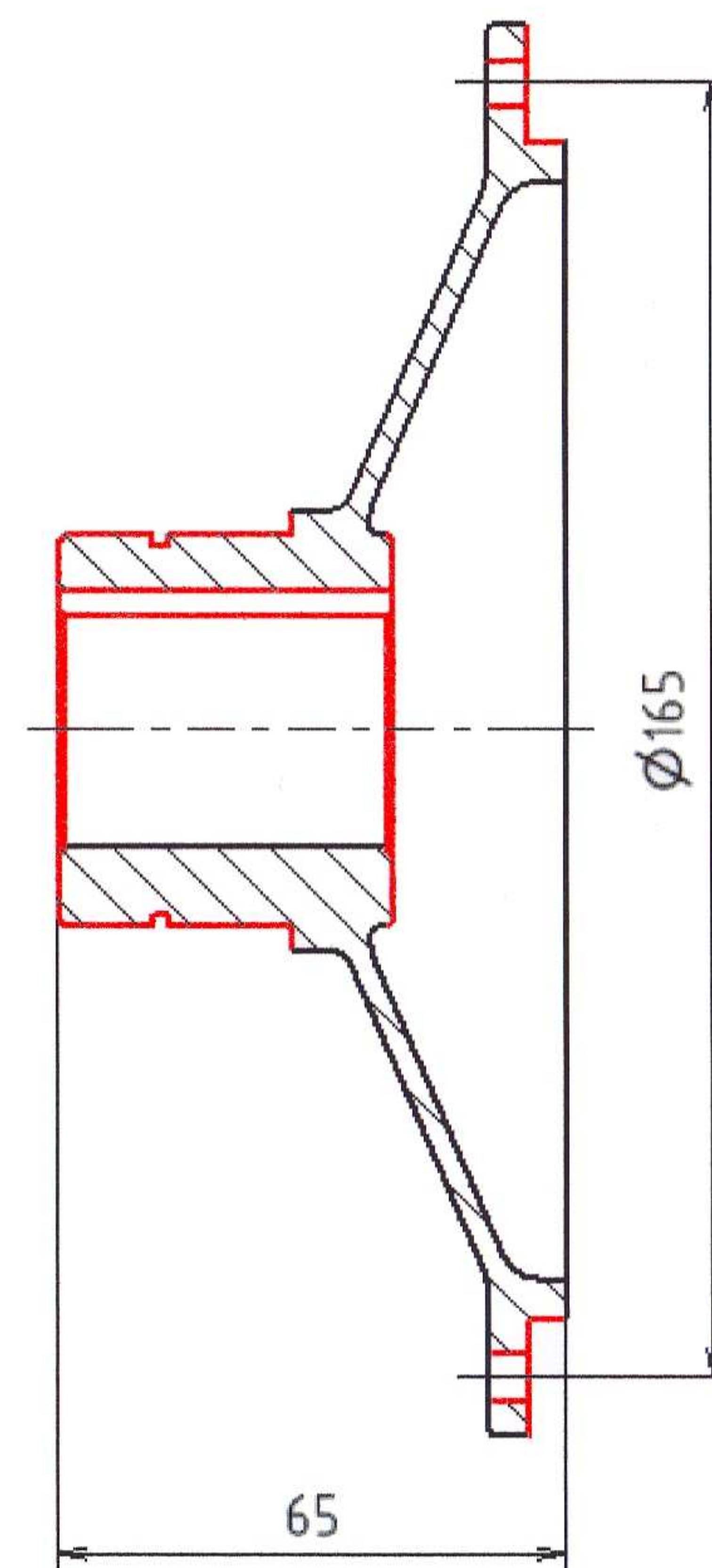
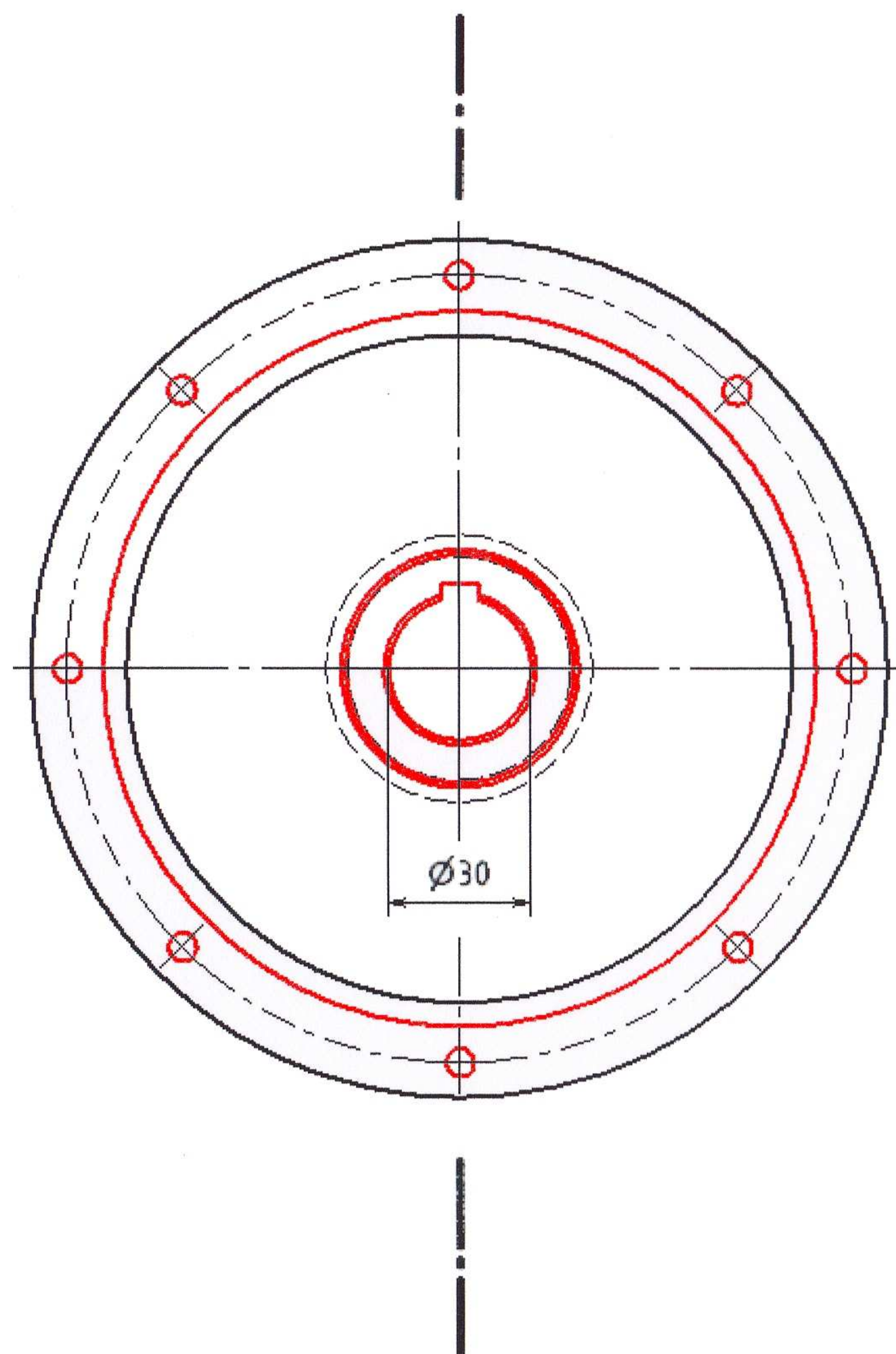


Č. ZADÁNÍ	1	2	3	4	5
MĚŘÍTKO	0,5	1	2	2,5	3

mat. hliníková slitina



## Úloha 11 – DISK

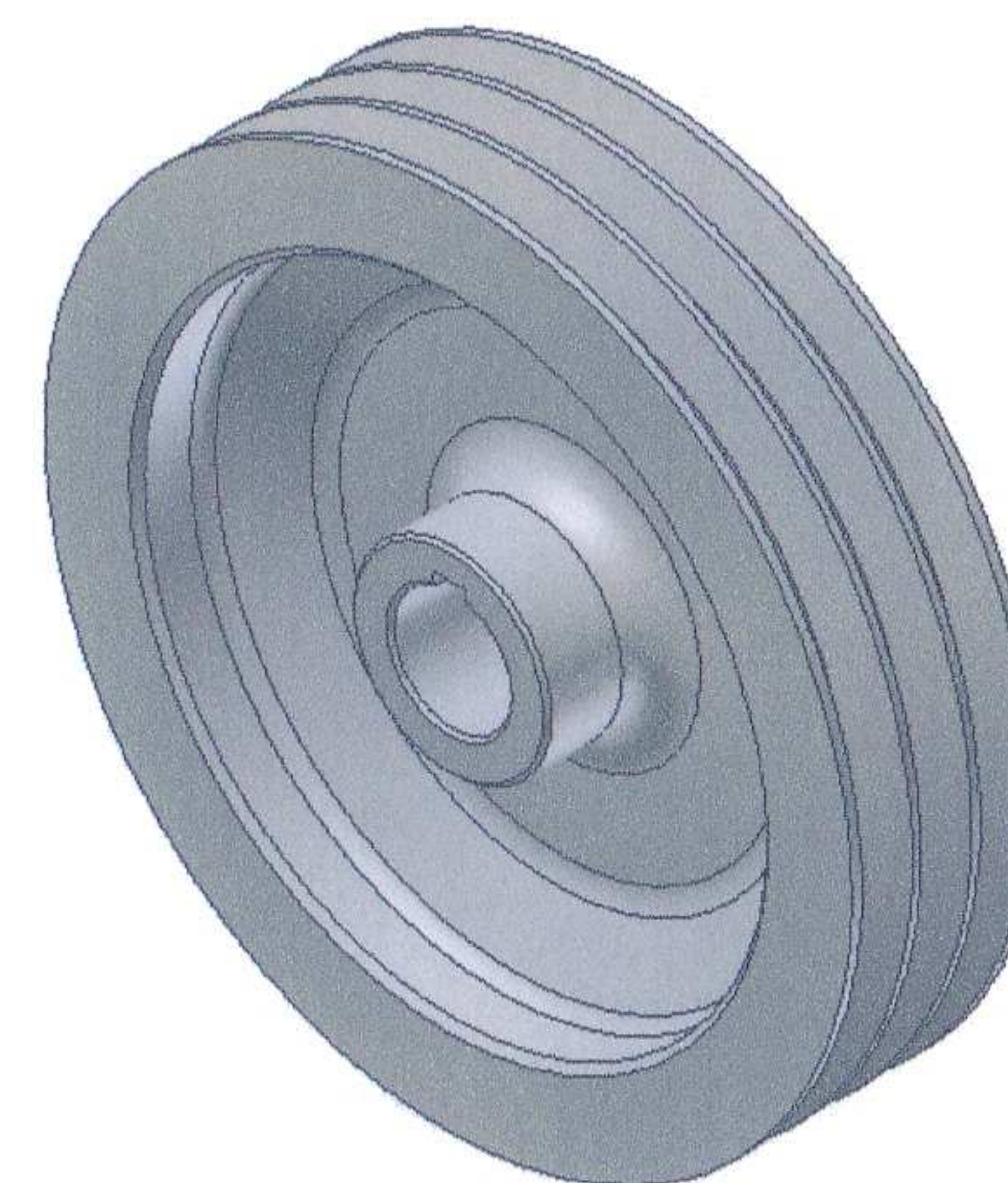
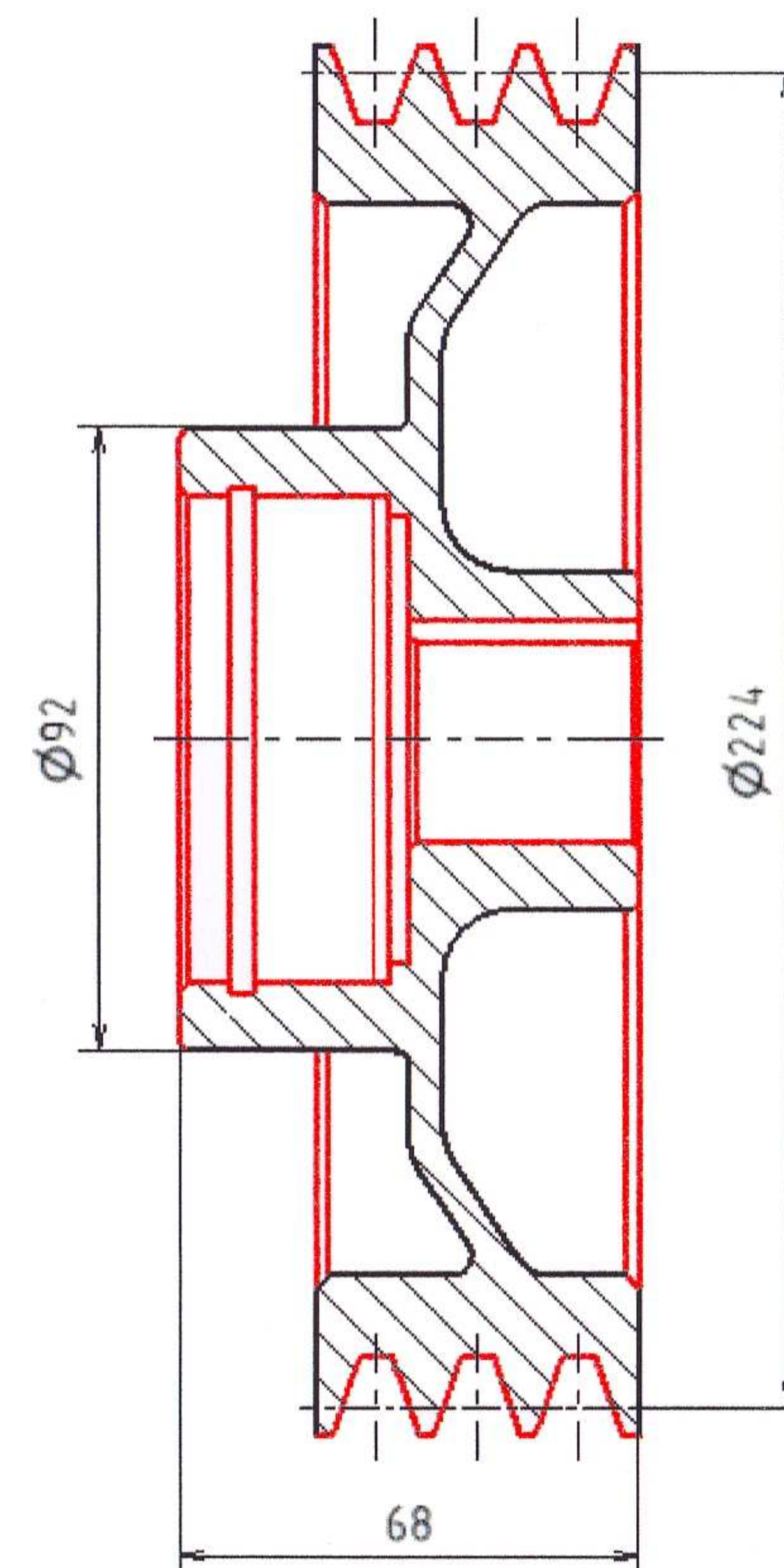
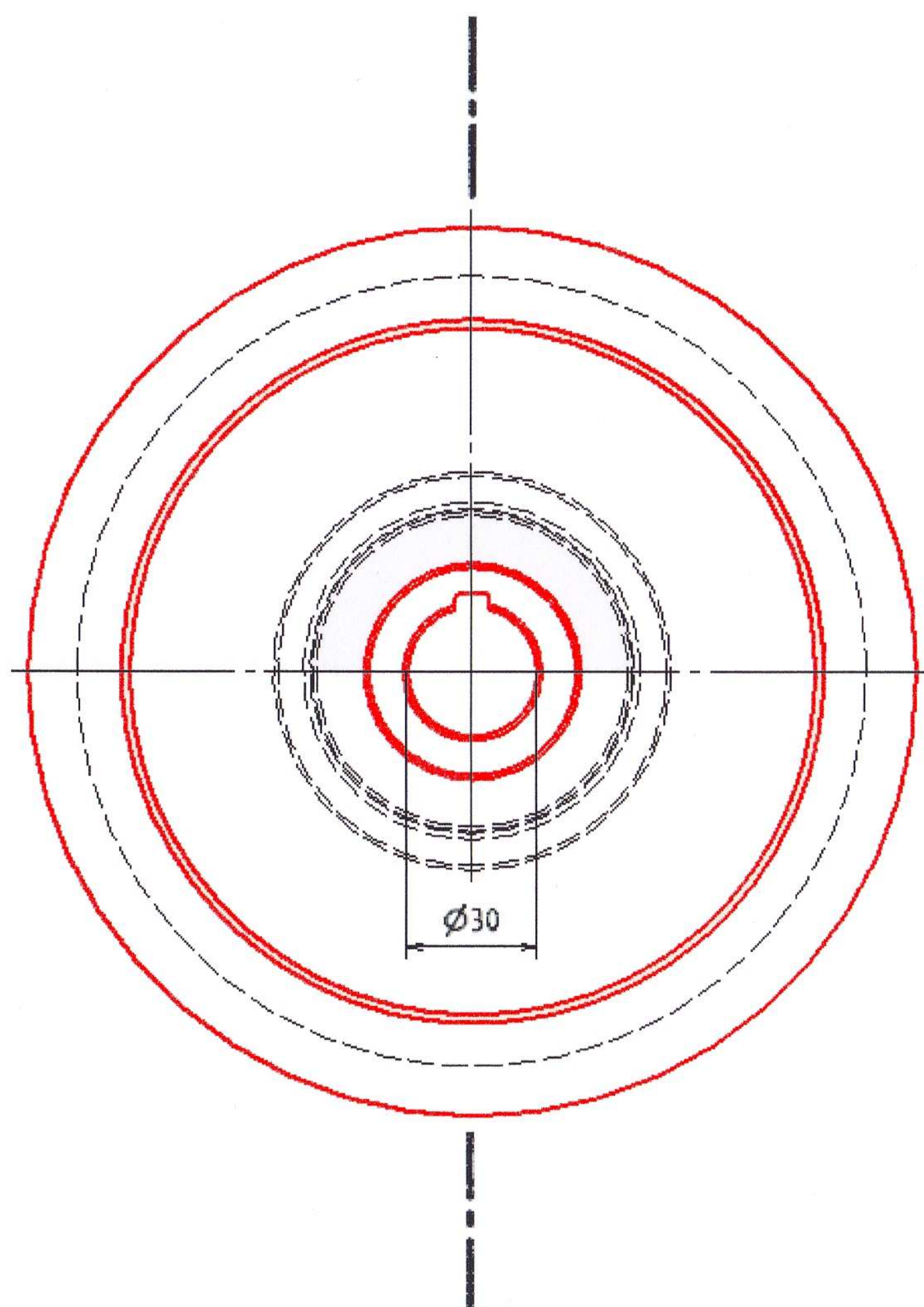


Č. ZADÁNÍ	1	2	3	4	5
MĚŘÍTKO	0,8	1	1,4	1,6	1,8

mat. tvárná litina



## Úloha 12 – ŘEMENICE



Č. ZADÁNÍ	1	2	3	4	5
MĚŘÍTKO	0,5	1	1,5	2	2,5

mat. tvárná litina, profil pro klínový řemen typu A